

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukční návrh závěsné lávky

Design of a Suspended Platform

Student:	Weronika Kohutová
Osobní číslo:	KOH0094
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Tomáš Hapla

Ostrava 2020

Zadání bakalářské práce

Student: **Weronika Kohutová**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení
Téma: **Konstrukční návrh závěsné lávky**
Design of Suspended Platform
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

V rámci bakalářské práce vytvořte konstrukční návrh závěsné lávky pro výškové práce.

Zpracujte:

- řešení dané problematiky,
- návrh možných variant řešení,
- konstrukční návrh závěsné lávky s potřebnými výpočty,
- 3D model zařízení,
- výkresovou dokumentaci.

Zadané parametry:

Výška zdvihu: 50 m

Nosnost: 600 kg

Rychlost zdvihu: 7 m/min

Rozměry plošiny: 6 x 1 m

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

KALÁB Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: části spojovací*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8

NĚMČEK, Miloš. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů: spoje*. Ostrava: Ediční středisko VŠB, 2008, 111 s. ISBN 978-80-248-1782-8

STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02942-5

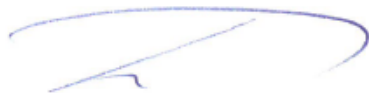
ELIÁŠOVÁ, Martina a Zdeněk SOKOL. *Ocelové konstrukce: příklady*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03143-8

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Hapla**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18.5.2020.




Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědoma, že na tuto mojí závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále je Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ku své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ве́домі́, že – podle zákona č 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18.5.2020.


.....
Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Weronika Kohutová

Mosty u Jablunkova 520

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KOHUTOVÁ, Weronika. *Konstrukční návrh závěsné lávky*. Ostrava, 2020, 59 s. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování. Vedoucí práce Tomáš Hapla.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem závěsné lávky. V úvodu byl proveden průzkum trhu a srovnání závěsných lávek s pracovními plošinami, šplhacími plošinami a lešením. Na základě získaných informací byly provedeny možné návrhy řešení pro konstrukci nosníku, lávky a varianty zvedacího mechanismu. Při volbě konstrukce nosníku byl kladen důraz na průřez nosného ramene. Při volbě konstrukce lávky byl kladen důraz na její rozebíratelnost a malou hmotnost. Při volbě zvedacího mechanismu byl kladen důraz na bezpečnost. Výsledný konstrukční návrh a výkresová dokumentace byl zhotoven v softwaru pro strojírenské návrhy – Inventoru.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KOHUTOVÁ, Weronika. *Design of Suspended Platform*. Ostrava, 2020, 59 s. Bachelor thesis. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design. Thesis head Tomáš Hapla.

The bachelor thesis deals with constructional design of suspended platform. At the beginning was done the market research and comparing of suspended platforms with work platform, climbing platform and scaffold. On the basis of earned informations was done possible proposition of beam, ramp and hoisting mechanism. By the choice of beam was put stress to section of bearing jib. By the choice of ramp construction was put stress to its montageability and low weight. By the choice of hoisting mechanism was put stress to its safety. Final desing and drawing documentation was created in designing software – Inventor.

Poděkování

Děkuji Ing. Tomáši Haplovi za pomoc při vedení bakalářské práce.

OBSAH

Seznam použitých značek a symbolů	8
Úvod.....	10
1 Závěsné lávky.....	11
1.1 Hlavní části	12
1.1.1 Pochozí lávka.....	13
1.1.2 Bezpečnostní prvky	14
1.1.3 Závěsné nosníky.....	15
1.2 Parametry závěsných lávek.....	16
1.2.1 Závěsné lávky STROS ZL 2–12	17
1.2.2 Závěsné lávky FIXATOR	18
2 Další zařízení pro výškové práce.....	19
2.1 Lešení	19
2.2 Pracovní plošiny	20
2.3 Šplhací plošiny.....	20
3 Návrhy možných variant řešení.....	21
3.1 Nosníky.....	21
3.2 Pochozí lávka	25
3.3 Zvedací mechanismus	27
4 Výsledné řešení	29
4.1 Nosník.....	30
4.1.1 Zadní patka	31
4.1.2 Přední patka	33
4.1.3 Nosné rameno	36
4.2 Lávka.....	38
4.2.1 Podlaha lávky	39
4.2.2 Zábradlí	39
4.2.3 Pohon	42
5 Konstrukční návrh.....	43
5.1 Zadané hodnoty	43

5.2	Materiál	43
5.3	Zatěžující síly	43
5.4	Kontrola profilu zábradlí	44
5.5	Spojování.....	46
5.5.1	Kontrola šroubových spojů	46
5.5.2	Kontrola svarových spojů.....	50
5.6	Pohon	51
5.7	Průměr kladek	51
5.8	Protizávaží	52
6	Analýzy.....	53
6.1	Analýzy nosníku.....	53
6.1.1	Zadní patka – protizávaží	53
6.1.2	Nosník	54
6.2	Analýza Podlaha	54
7	Závěr	56
8	Citace	57

Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Popis	Jednotka
B	Vnější rozměr dutého profilu šířka	[mm]
D_1	Průměr kladky napínacího lana	[mm]
D_2	Průměr kladky bezpečnostního a závěsného lana	[mm]
F_0	Osová síla	[N]
F_{01}	Osová síla na jeden šroub	[N]
F_{02}	Osová síla na jeden šroub	[N]
F_1	Síla od osoby	[N]
F_2	Svislé zatížení zábradlí	[N]
G_{pz}	Tíha proti závaží	[N]
H	Součinitel pro motorem poháněné mechanismy	[-]
H_1	Vnější rozměr dutého profilu délka	[mm]
K	Součinitel bezpečnosti stability lávky	[-]
L_{z1}	Délka svislého profilu	[mm]
L_{z2}	Délka horizontálního profilu	[mm]
N	Tahová síla	[N]
P	Potřebný výkon	[W]
P_z	Stoupání závitu	[mm]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
RL	Jmenovitá nosnost	[kg]
TLS	Celkové závěsné zatížení	[N]
W_{oz}	Modul průřezu v ohybu	[mm ³]
a	Šířka plošiny	[m]
a_1	Velikost koutového svaru	[mm]
b	Délka plošiny	[m]
b_1	Vnitřní rozměry dutého profilu šířka	[mm]
d_1	Průměr napínacího lana	[mm]
d_2	Průměr závěsného a bezpečnostního lana	[mm]
d_2	Střední průměr závitu	[mm]
d_3	Malý průměr závitu	[mm]
f	Součinitel smykového tření	[-]

f_z	Součinitel tření na závitu	[-]
g	Gravitační zrychlení	[m·s ⁻²]
h	Výška zdvihu	[m]
h_1	Vnitřní rozměry dutého profilu délka	[mm]
i_1	Počet šroubů	[ks]
i_2	Počet patek	[ks]
k_s	Statická bezpečnost	[-]
k_3	Převodní součinitel svarového spoje	[-]
l_1	Vnitřní délka nosného ramene	[mm]
l_2	Vnější délka nosného ramene	[mm]
m_{lav}	Hmotnost lávky	[kg]
m_{pod}	Hmotnost podlahy	[kg]
m_{pz}	Hmotnost protizávaží	[kg]
m_{zab}	Hmotnost zábradlí	[kg]
q	Spojité zatížení protizávaží	[N/mm]
v	Rychlost zdvihu	[m·s ⁻¹]
α	Vrcholový úhel závitu	[°]
σ_{odov}	Maximální dovolené ohybové napětí	[MPa]
σ_{o1}	Ohybové napětí od osoby na svislý profil	[MPa]
σ_{o2}	Ohybové napětí od osoby na horizontální profil	[MPa]
σ_{omax}	Maximální povolené ohybové napětí	[MPa]
σ_{red}	Redukované napětí	[MPa]
σ_t	Napětí v tahu	[MPa]
τ	Napětí v krutu	[MPa]
τ_{\perp}	Napětí ve svaru	[MPa]
$\tau_{\perp DSV}$	Napětí ve svaru	[MPa]
φ'	Třecí úhel	[°]
ψ	Úhel stoupání závitu	[°]

Úvod

Cílem mé bakalářské práce je navrhnout závěsnou lávku, která bude sloužit pro provádění údržbářských prací na fasádách budov.

V teoretické části se budu věnovat popisu závěsné lávky, jejími částmi, bezpečnostními prvky a typy vyskytujícími se na trhu. Porovnáám závěsnou lávku s dalšími zařízeními pro výškové práce jako jsou lešení (mobilní, imobilní), pracovní plošiny a šplhací plošiny.

U konstrukčního návrhu porovnáám různé varianty řešení a zvolím nejlepší návrh s potřebnými výpočty. Zhotovím výsledný 3D model zařízení a zpracuji výkresovou dokumentaci v softwaru pro strojírenské návrhy – Inventoru.

1 Závěsné lávky

Závěsné lávky jsou zařízení určené pro pohyb osob a materiálu při údržbě a opravách výškových objektů - budov, mostních pilířů, chladírenských věžích, elektrárenských komínů, stožáru osvětlení, listů vrtulí větrných turbín apod. Používají se pro práce na fasádách (natírání, čištění, mytí, zateplení), pro výměnu nebo mytí oken, pro opravárenské práce (svařování, broušení, nýtování) a také pro revizní činnosti, dekorační práce, opravu balkónu, svařování lodí, údržbu přehrad atd. Mimo činností z vnější strany konstrukce se závěsné lávky používají také pro údržbu a opravu např. šachet výtahů nebo vnitřku komínů. Mají nízké stavební náklady, vysokou účinnost, dobrý výkon a snadno se obsluhují. Používají se u objektů s možností zavěšení. Nelze je instalovat u objektů s šikmou střechou a s omezenou pevností uchycení. Pro objekty s šikmou střechou se může navrhnout např. kolejnicové vedení. Tyto lávky se pohybují blízko fasád, proto je nelze použít na fasádách s vyčnívajícími balkony nebo s okrasami a podobně. [9][10][11]



Obrázek 1 — Lávka čtvercového obvodu na listu vrtule větrné elektrárny [27]

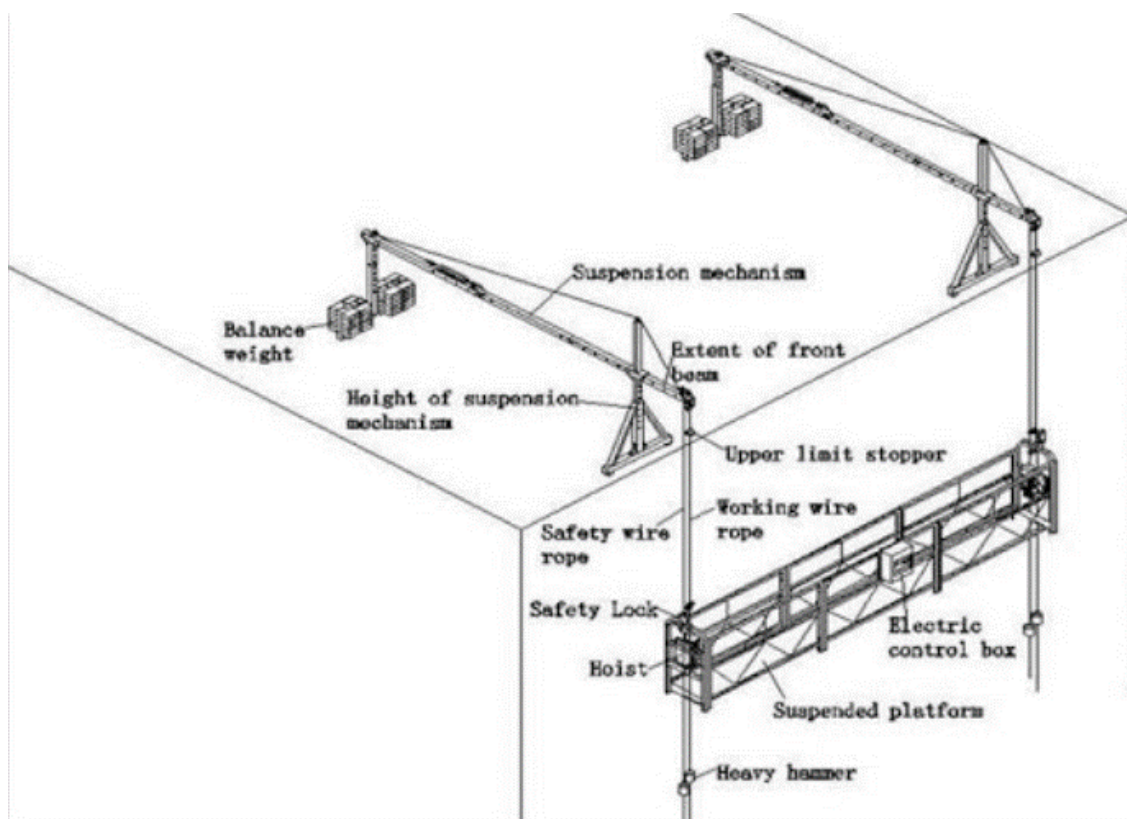
Závěsné lávky jsou nabízené ke koupi nebo k pronájmu podobně jako lešení. Firmy nabízejí k pronájmu montáž i demontáž lávky dále sestavení lávky různého tvaru pro konkrétní umístění (klasická obdélníková lávka, kruhová lávka, čtvercový obvod ...). Obvykle jsou zavěšené na dvou lanech, mohou však být zavěšené na jednom laně – jedno závěsná lávka. [9][10]



Obrázek 2 — Kruhová lávka [28]

1.1 Hlavní části

Základní části závěsné lávky jsou popsány na Obrázku 3. Patří k nim: nosníky (suspension mechanism), protizávaží (balance weight), napájecí lano (working wire rope), závěsné lano (safety wire rope), rozváděč (elektrický kontrolní box) s ovládacím panelem nebo ovládačem, kabelový navíječ – pohon šplhacího zařízení (hoist), pochozí lávka (suspended platform). Na obrázku níže je popis závěsné lávky s teleskopickým nosníkem (viz kapitola 1.1.4 Závěsné nosníky) s výškově nastavitelnou část (height of suspension mechanism) a prodlouženým paprskem (extent of front beam). Hlavní části závěsné lávky tvoří: pochozí lávka, bezpečnostní prvky (na obrázku níže koncový spínač – upper limit stopper) a nosníky. [11][12]



Obrázek 3 — Popis závěsné lávky s teleskopickým nosníkem [12]

1.1.1 Pochozí lávka

Hlavním prvkem závěsné lávky je pochozí lávka (plošina), která visí na závěsných lanech. Její délka může dosahovat až 30 metrů. Vyvažuje se protizávažím na závěsných nosnících. Skládá se z balustrády (zábradlí, koše) a spodní desky. Vyrábí se ze slitin hliníku nebo oceli povrchově chráněných plastovou a galvanicky zinkovanou vrstvou. Hliníková konstrukce je oproti oceli lehčí a nemusí se nijak dále povrchově chránit. Jako protizávaží se používají cementové nebo litinové závaží, nejčastěji kruhového (válcového) tvaru. [2][9][11]

Nezbytnou součástí závěsné lávky je elektrický kontrolní systém, který řídí pohyb plošiny a obsahuje bezpečnostní prvky jako indikátor napájení, tlačítko start, nouzové zastavení. Tyto zařízení se nacházejí v rozváděči, v ovládacím pultu nebo v ovládači. [9][11][13]

Pochozí lávka může být opatřena podlahovými a fasádovými kolečky. Podlahové kolečka zjednodušují manipulaci s lávkou. Fasádová kolečka udržují vzdálenost lávky od fasády a usnadňují její vertikální pohyb. [9][11][13]



Obrázek 4 — Pochozí lávka [29]

Hlavním pohybem, který lávka vykonává je posun nahoru a dolů. Pohyb zajišťují zdvihadla – nejčastěji ruční, elektrický nebo pneumatický kladkostroj. Obvykle jeden na každé závěsné ocelové lano tl. 8,3 mm. [9][11][13]

1.1.2 Bezpečnostní prvky

Závěsné lávky jsou opatřeny mnohými bezpečnostními prvky. Mezi nejdůležitější patří: přetěžovací pojistka, rychlostní omezovač, bezpečnostní zámek, zařízení vyrovnávající náklon plošiny, nouzové sjíždění (elektromagnetická brzda s ručním uvolněním) a koncový spínač. Důležitou částí jsou také bezpečnostní štítky. [11][12]

Přetěžovací pojistka neumožní zapnutí pohonu v případě překročení povolené hmotnosti břemene. [12]

Rychlostní omezovač se aktivuje, pokud rychlost lávky (nahoru nebo dolů), překročí jmenovitou rychlost pohybu. To může nastat například po selhání brzd. [12]

Zařízení vyrovnávající náklon plošiny slouží k zastavení pohonu jednoho ze závěsných lan po překročení náklonu lávky o daný úhel (obvykle 4°) vlivem nerovnoměrného zatížení pracovní plochy lávky. [12]

Elektromagnetická brzda s ručním uvolněním umožňuje v případě výpadku proudu spustit lávku na zem. [12]

Koncový spínač po dotyku s horní částí závěsné lávky (nosníkem) zastaví její pohon. Zabraňuje tak nárazu lávky do nosníků (přílišnému zdvihu lávky). [12]

V případě prasknutí závěsného lana pád lávky zastaví bezpečnostní zámek, kterým prochází bezpečnostní lano. [12]



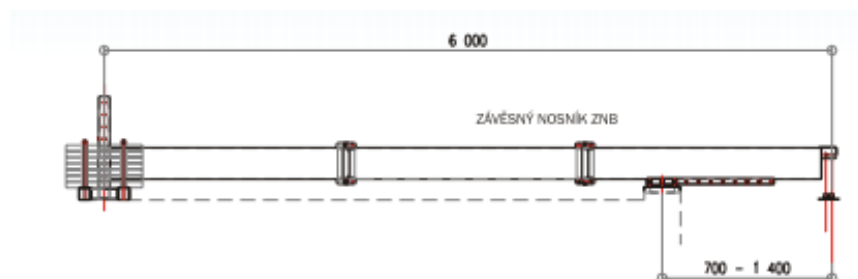
Obrázek 5 — Bezpečnostní zámek [30]

1.1.3 Závěsné nosníky

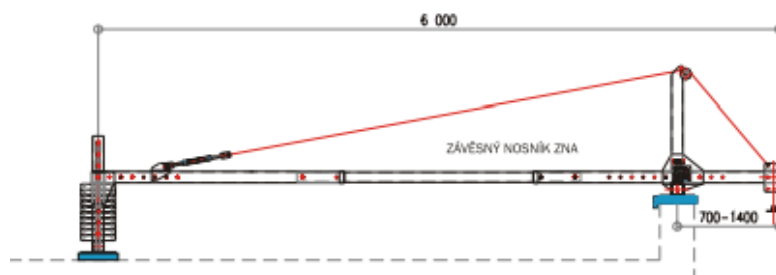
Závěsné nosníky lávek lze navrhnout pro dočasnou nebo trvalou instalaci. Obvykle jsou vyváženy ocelovým nebo litinovým protizávažím. Nejtypičtější nosníkem je teleskopický střešní nosník s protizávažím (Obrázek 6). Prodloužený paprsek může procházet přes překážky do výšky 2,25 m. Pro budovy, kde nejsou dostatečné vysoké hrany se používá mohutnější nosník ukotvený do podlahy (Obrázek 7). Dalším typickým nosníkem je nosník s pružnou podložkou (Obrázek 8) a tzv. parapetní svěrka (Obrázek 9 c). [14]



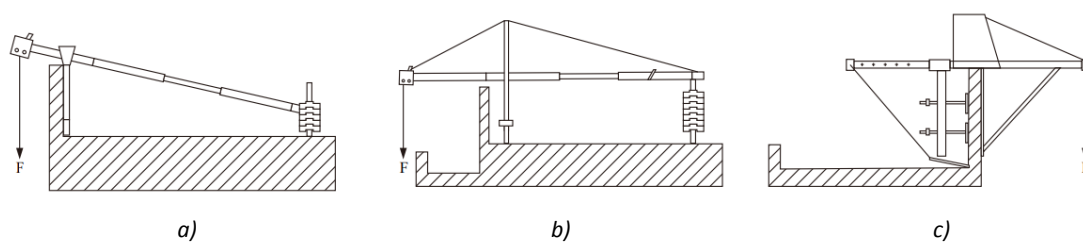
Obrázek 6 — Teleskopický mobilní nosník s protizávažím [31]



Obrázek 7 — Nosník ukotvený do podlahy [22]



Obrázek 8 — Nosník s pružnou podložkou [22]



Obrázek 9 — Další druhy nosníků a) Teleskopický nosník b) Teleskopický ukotvený nosník c) Parapetní svěrka [32]

1.2 Parametry závěsných lávek

Závěsných lávek je na trhu mnoho. Výrobci se snaží vyhovět všem požadavkům zákazníků. Existují parametry, podle kterých se lze orientovat.

- délka lávky,
- vnitřní šířka lávky,
- pracovní výška,
- rychlost pojezdu,
- výkon pohonné jednotky,
- nosnost,
- vlastní hmotnost.

1.2.1 Závěsné lávky STROS ZL 2–12

Společnost STROS – Sedlčanské strojírny a.s., funguje od roku 1960 jako jeden z nejvýznamnějších výrobců hřeben-pastorkových výtahů na světě. Vyrábí stavební, osobní a nákladní výtahy, speciální a permanentní výtahy, závěsné lávky a pracovní plošiny. [15]



Obrázek 10 — Závěsná lávka ZL STROS [33]

Závěsné lávky vyrábí STROS v délkách od 2 do 12 metrů s označením ZL 2–12. Konstrukci tvoří svařované jakostní ocelové prvky, které jsou žárově zinkované. Podlaha lávky je hliníkový plech s protiskluzovou úpravou. Části lávky se spojují pomocí pevnostních šroubů a samosvorných matic. Lávka je opatřena koly, které umožňují její jednoduchý přesun po staveništi. Lávku pohánějí dvě šplhací jednotky belgické firmy Power Climber. Tyto jednotky obsahují přetěžovací pojistku, rychlostní zatěžovač, zachycovač volného lana, ruční mechanismus pro nouzové sjetí, stabilizátor náklonu a koncový spínač. [9]

Závěsné nosníky jsou skládané, umožňují nastavit celkovou délku, jsou mobilní s odnímatelnými koly. Vliv průhybu nosníku kompenzuje výztužné lano a stabilitu zajišťuje protizávaží.

Vlečný kabel napájí lávku z rozváděče, který obsahuje hlavní vypínač, přepínač směru, signalizaci přetížení a spínač náklonu regulující náklon.

Parametry lávek se liší podle poskládání. [9]

- délka lávky: 2 – 12 m,
- vnitřní šířka lávky: 0,7 m,
- pracovní výška: maximum 100 m,
- rychlost pojezdu: 8 m/min,

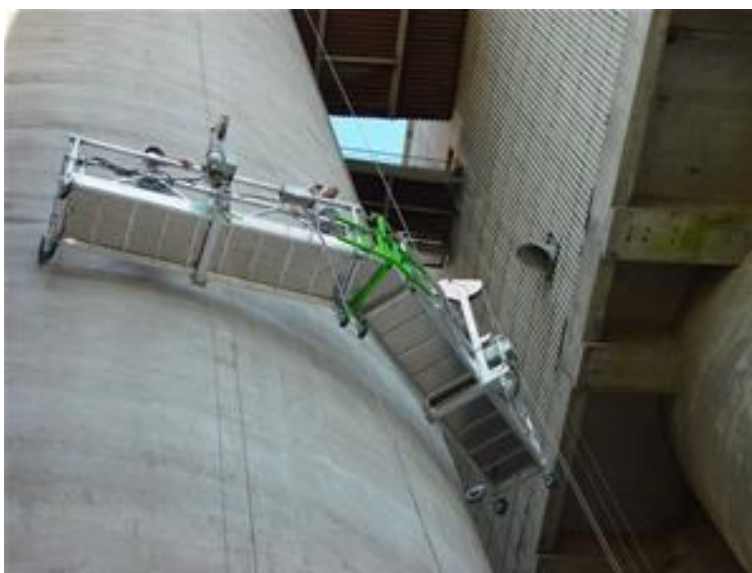
- výkon elektromotoru: 1,1 – 1,5 kW,
- nosnost: 420–1140 kg,
- vlastní hmotnost: 284–674 kg.

1.2.2 Závěsné lávky FIXATOR

Francouzská firma FIXATOR působí na trhu již 90 let. Vyrábí závěsné plošiny, lešení a upevňovací systémy pro práce na výškových budovách. Dále se věnuje výrobě elektrických, ručních a pneumatických kladkostrojů. [16]

Konstrukci závěsných lávek tvoří hliníkové profily, díky čemuž jsou lehčí než konstrukce z ocelových profilů. Závěsné lávky FIXATOR se přizpůsobují různým tvarům fasád. Umožňují sestavení do úhlu – 27° až 90°. Jsou tak skvělým řešením pro stavby jako chladírenské věže. Montáž a demontáž závěsné plošiny je velmi jednoduchá a rychlá – provádí se pomocí čepů. [13]

- délka lávky: 2–16 m,
- vnitřní šířka lávky: 0,7-1,5 m,
- pracovní výška: dle poptávky,
- rychlost pojezdu: 9–18 m/min,
- výkon elektromotoru: 1,25-1,85 kW,
- nosnost: 250-900 kg,
- vlastní hmotnost: 290-310 kg.



Obrázek 11 — Závěsná lávka FIXATOR [28]

2 Další zařízení pro výškové práce

Závěsné lávky nejsou jediným pomocníkem pro výškové práce. Mezi další patří například lešení, pojízdné lešení, ale také pracovní plošiny, šplhací plošiny, závěsné koše pro autojeřáby nebo závěsné sedačky, jedno-závěsné pracovní plošiny atd.

2.1 Lešení

Závěsné lávky mají oproti klasickému lešení mnoho výhod. Zabírají méně plochy, méně omezují okolní prostředí, jsou méně nápadné. Další důležitou výhodou je cena. Závěsné lávky jsou levnější. Tabulka níže představuje srovnání ceny pronájmu klasického lešení s cenou pronájmu závěsné lávky.

- pracovní výška: 25 m,
- šířka pracovní plochy: 12 m.

Tabulka 1 — Srovnání cen pronájmu lešení a závěsné lávky [17]

Fasádní lešení 12 x 25 m (300 m ²)		Závěsná lávka ZL 12 m po slevě	
Cena montáže a demontáže	16 500 Kč	Cena montáže	4 500 Kč
Cena nájmu na 1 měsíc	10 800 Kč	Cena demontáže	4 000 Kč
Cena dopravy	3 000 Kč	Cena nájmu na 1 měsíc	16 800 Kč
		Cena revize	2 000 Kč
Cena celkem	30 300 Kč	Cena celkem	27 300 Kč

Cena pronájmu lávky zůstává stejná i pro větší pracovní výšku. [17]

Lešení může být mobilní nebo imobilní. Mobilní je obvykle hliníkové s možností použití do pár metrů výšky. Sestavené lešení lze použít do jakékoliv výšky a je obvykle ocelové.



Obrázek 12 — Pojízdné lešení [36]

2.2 Pracovní plošiny

Hlavní výhodou pracovní plošiny je její mobilita. Pracovní plošina na rozdíl od závěsné lávky disponuje vlastním pohonem, díky čemuž ji lze snadněji přesunovat. Plošinu není nutné kotvit do budovy, může být použita do výšky 22 m a může dosáhnout pracovního prostoru o délce 30 m. Je vybavena bezpečnostním zachycovačem, samostatným pohonem podvozku, montážním jeřábkem a koncovým spínačem. [18]



Obrázek 13 — Pracovní plošina STROS [18]

2.3 Šplhací plošiny

Šplhací plošiny nacházejí své uplatnění v případech, kdy nejde použít zavěšení lávky – strmá střecha, omezený přístup, omezená pevnost krytiny. Umožňuje práci ze spodu do výšky 100 m. Její instalace je nejjednodušší oproti lešení a závěsné lávce. Má lepší stabilitu a tím také větší bezpečnost. Zatížení plošiny je obvykle možné až na 900 kg. [19]



Obrázek 14 — Šplhací plošina [35]

3 Návrhy možných variant řešení

Navržená lávka by měla splňovat tyto parametry dle zadání:

- výška zdvihu: 50 m,
- nosnost: 600 kg,
- rychlost zdvihu: 7 m/min,
- rozměry plošiny: 6 x 1 m.

Dále je třeba upřesnit:

- materiál,
- zavěšení – trvalé, dočasné,
- druh pohonu,
- bezpečnostní prvky.

3.1 Nosníky

Větší využití závěsné lávky je možné při použití dočasného zavěšení. Umožňuje to přesun lávky z jedné strany budovy na druhou, z jedné budovy na druhou. Při používání lávky na jedné konkrétní budově je vhodnější zavěšení permanentní.

Pro zavěšení lávky jsem pracovala s nosníky umístěnými na střeše budovy. Dle mého názoru byla nejlepší varianta použití skládaného teleskopického nosníku s betonovými vyváženími. Tyto nosíky mohou mít pojezdová kolečka pro zjednodušení přemísťování složených nosníku po střeše, dají se výškově nastavit v případě budov s hranami, mohou pracovat s nastavením délky ramene a hmotností protizávaží podle konkrétního zatížení lávky.

V první variantě jsem pracovala s čtvercovými profily nosníku, kde se pomocí šroubu může nastavovat délka tří ramen (ramena se do sebe nasunovala). Stejný princip jsem použila u druhého návrhu, a to s obdélníkovým průřezem ramen. Ve třetí variantě jsem použila jedno rameno z HEM profilu, který je mohutnější a u kterého se nedala nastavovat délka ramene.

Pro vybrání nejvhodnějšího profilu jsem v aplikaci Inventor provedla statickou pevnostní analýzu. Chtěla jsem zjistit, který profil bude vykazovat nejmenší napětí po zatížení ohybovou silou. Jako materiál ramen nosníků jsem zvolila ocel S235JR s mezí kluzu $R_e = 235 \text{ MPa}$ [23].

Maximální dovolené ohybové napětí σ_{odov} :

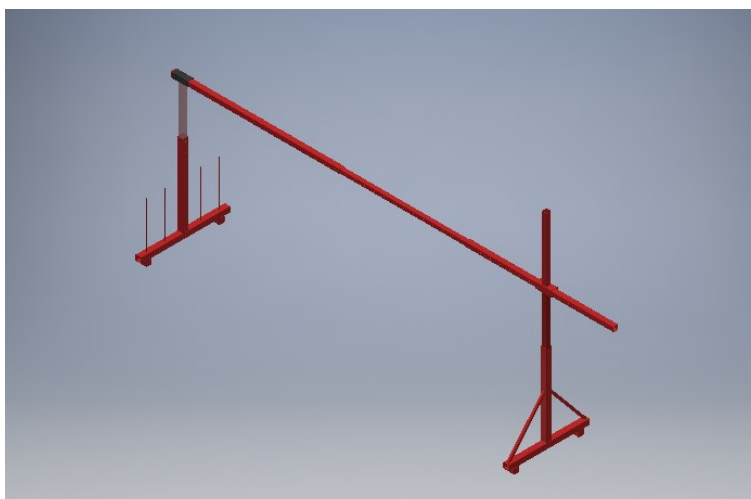
Kde $k_s = 1,5 [-]$ je statická bezpečnost.

$$\sigma_{odov} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{235}{1,5} = 157 \text{ MPa} \quad (3.1)$$

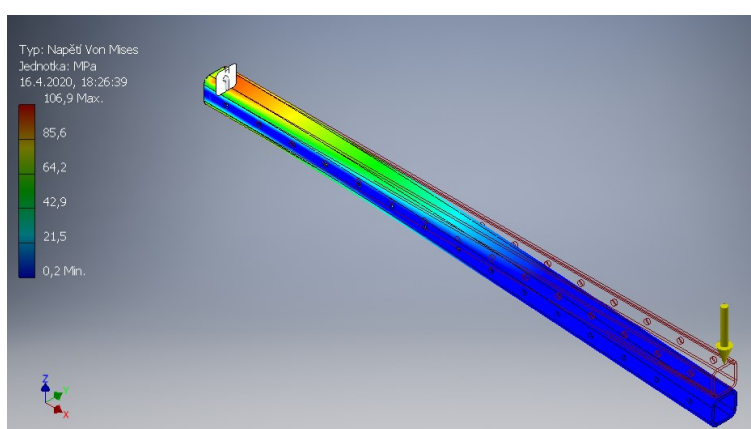
Analyzované profily měly délku 2000 mm (předpokládaná délka nosného ramene), na jednom konci byly zatíženy silou a na druhý konec jsem umístila pevnou vazbu. Závěsná lávka má být navržena pro zvedání břemene do 600 kg. Předpokládala jsem rovnoměrné rozložení tíhy břemene na dva nosníky, proto jsem pro tuto zjednodušenou analýzu zatížila profil ramene silou 3 000 N.

Čtvercový profil TR 90 x 8 – 1840 DIN EN 10219 - S235JR

- rozměr: 90x90x8,
- váha: 34 kg,
- nejvyšší hodnota napětí: 106,9 MPa.



Obrázek 15 — Nosník – čtvercový průřez



Obrázek 16 — Pevnostní analýza čtvercového profilu

$$106,9 \text{ MPa} \leq 157 \text{ MPa}$$

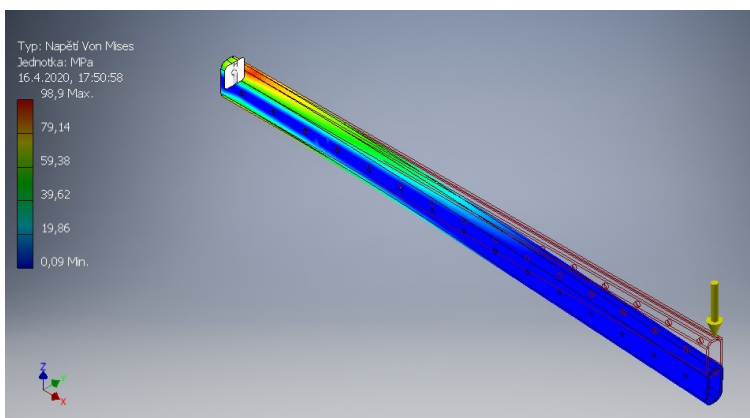
Analyzovaný čtvercový profil nepřekračoval hodnotu maximálního dovoleného napětí 157 MPa.

Obdélníkový profil TR OBD 120 x 60 x 4 - 1840 DIN EN 10219 - S235JR

- rozměr: 120x60x4,
- váha: 34 kg,
- nejvyšší hodnota napětí: 98,9 MPa.



Obrázek 17 — Nosník – obdélníkový průřez



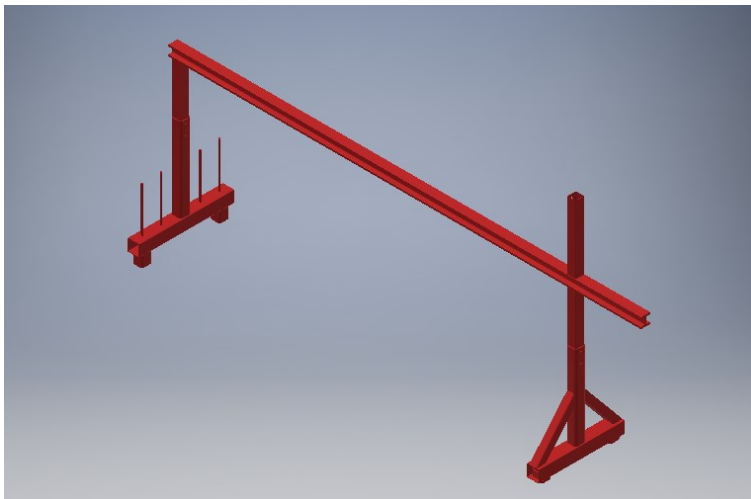
Obrázek 18 — Pevnostní analýza obdélníkového profilu

$$98,9 \text{ MPa} \leq 157 \text{ MPa}$$

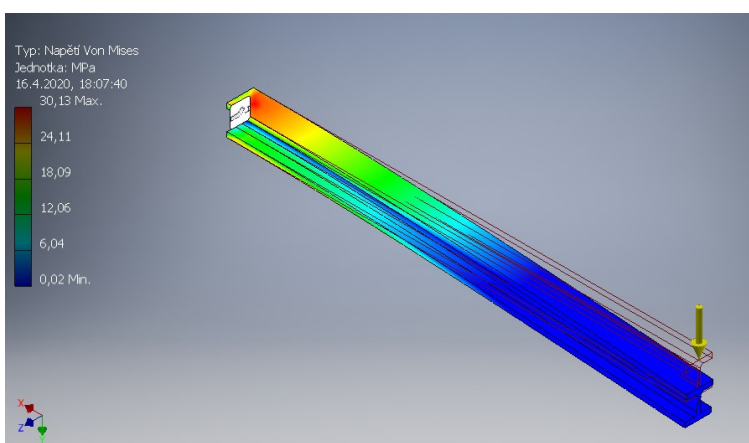
Analyzovaný obdélníkový profil nepřekračoval hodnotu maximálního dovoleného napětí 157 MPa.

HEM 100 DIN 1025 S235JR:

- rozměr: 120x106x12,
- váha: 77 kg,
- nejvyšší hodnota napětí: 30,13 MPa.



Obrázek 19 — Nosník – HEM průřez



Obrázek 20 — Pevnostní analýza HEM profilu

$$30,13 \text{ MPa} \leq 157 \text{ MPa}$$

Analyzovaný HEM profil nepřekračoval hodnotu maximálního dovoleného napětí 157 MPa.

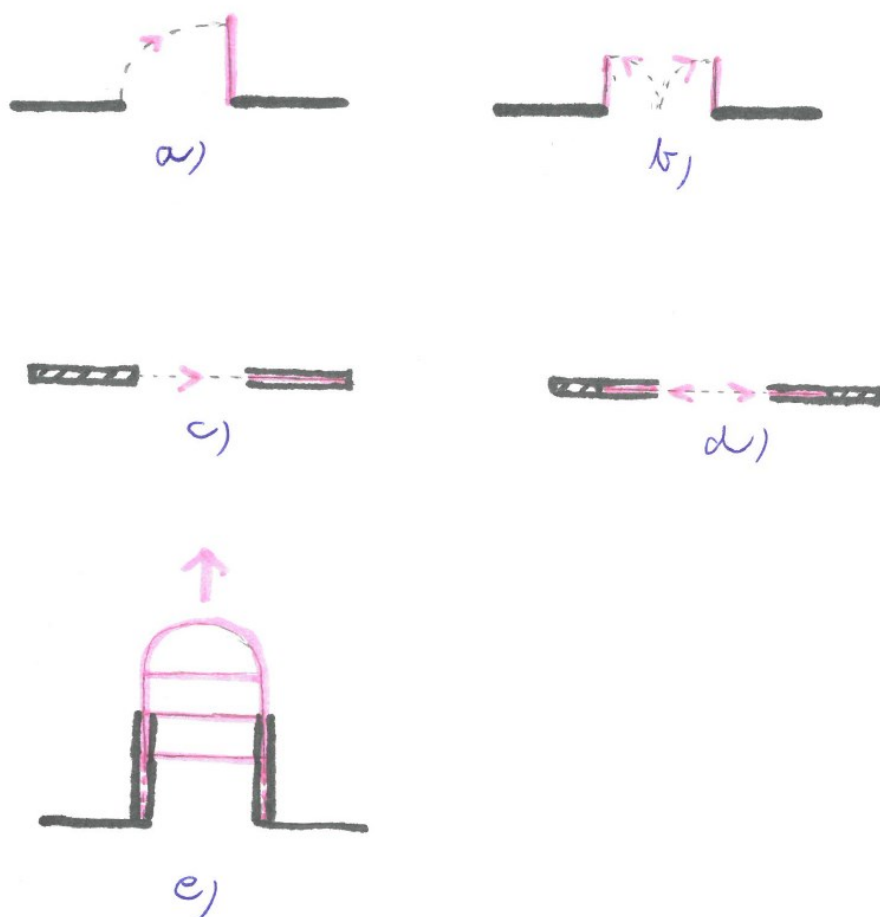
Nejvyšší hodnoty napětí u všech tří typů profilů nepřekročily hodnotu maximálního dovoleného napětí 157 MPa pro zvolenou ocel. Mohly by být tedy vhodné všechny, ale výsledné zatížení na ramena nosníku bude větší než zadané zatížení v analýze 3 000 N, jelikož na nosník kromě tíhy břemene působí také tíha konstrukce lávky.

3.2 Pochozí lávka

Podlahu pochozí lávky tvoří hliníkový nebo ocelový plech. Může být plný, plný vzorovaný nebo děrovaný (mříž). Proti skluzu by bylo nejlepší použít vzorovaný (například slzový) plech nebo mříž. Použití mříže by lávku hmotnostně mohlo odlehčit, ale mohlo by dojít k propadnutí menších předmětů. Při použití vzorovaného plechu by se kvůli pevnosti musel použít tlustostěnný nebo ze spodu vyztužený například L profilem.

Rám zábradlí musí být pevný a splňovat výšku dle normy ČSN 74 3305 [8]. Pro zábradlí by se mohly použít čtvercové, obdélníkové nebo kruhové profily z oceli nebo hliníku. Spojené vzájemné svařováním, čepy nebo šrouby.

Vstup na pracovní plochu závěsné lávky může být umístěn z bočních stran, nebo z čelní strany. Dveře by se měly otvírat směrem ven, aby nezabíraly pracovní plochu. Můžou být konstruované jako:



Obrázek 21 — Varianty dveří a) Otočné dveře jednkřídlové b) Otočné dveře dvokřídlové c) Vodorovně posuvné dveře jednostranné d) Vodorovně posuvné dveře oboustranné e) Nadzvedávání přístupových mříží

- Otočné dveře jednokřídlové.
- Otočné dveře dvoukřídlové.
- Vodorovně posuvné dveře jednostranné.
- Vodorovně posuvné dveře oboustranné.
- Nadzvedávání přístupových mříží.

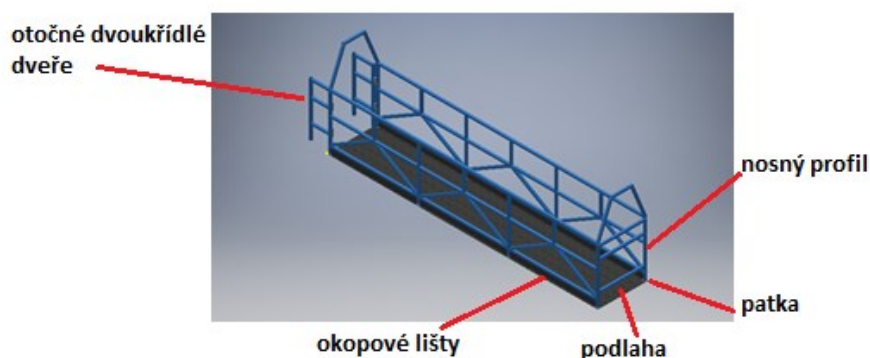
Posuvné dveře by se dle mého názoru nedaly na konstrukci instalovat, nadzvedávání mříží může být nepohodlné a nebezpečné (riziko poranění hlavy). Jako nejlepší se jeví pro závěsnou lávku dveře otočné. Dvoukřídlové se musí zajistit proti samovolnému otevírání na obou křídlech, jednokřídlové pouze na jednom.

Navrhnutá lávka by měla mít délku 6 m. Napadly mě dvě možnosti řešení.

První návrh byla šesti metrová lávka konstruovaná jako jeden celek. Rám zábradlí tvořily svařované čtvercové profily, ke kterým byly ve spodní části přivařené plechové pásy – tzv. okopové lišty. K osmi nosným profilům byly přivařeny patky, které pomocí šroubů spojovaly rám s podlahou. Podlahu tvořil šesti metrový listový plech. Dveře byly navrženy jako otočné dvoukřídlé.

Výhody: rychlejší montáž a demontáž celé závěsné lávky (pouze přišroubování podlahy k patkám).

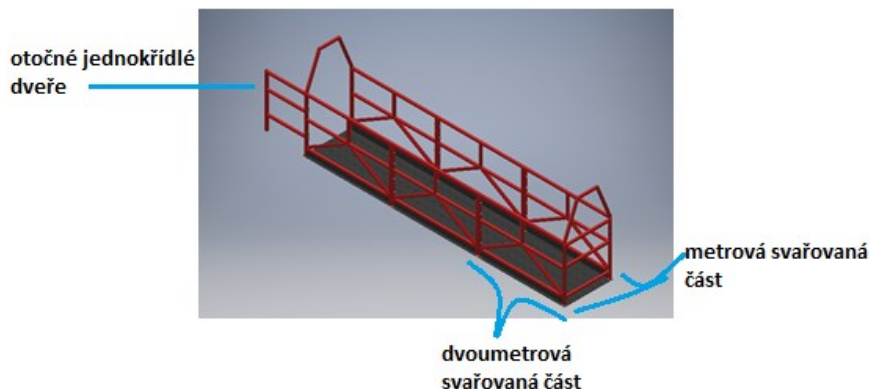
Nevýhody: špatná manipulace, prostorové nároky a finanční náklady na převoz rozložené lávky.



Obrázek 22 — První návrh rámu zábradlí

Další návrh byl lávka složená ze tří kusů o délce dvou metrů. Zábradlí tvořilo šest dvoumetrových svařovaných částí a dvě metrové. Svařované části byly zhotoveny z čtvercových dutých profilů spojených k sobě pomocí šroubů. Podlahu tvořily tři dvoumetrové listové plechy. Ke dvanácti nosným profilům byly přivařeny patky, které

pomocí šroubů spojovaly rám s podlahou stejně jako u prvního řešení. Dveře byly navrženy jako otočné jednokřídlé.



Obrázek 23 — Druhý návrh rámu zábradlí

Výhody: lepší manipulace, menší prostorové nároky a finanční náklady na převoz rozložené lávky.

Nevýhody: pomalejší montáž a demontáž, nároky na pevnost rozebíratelných spojů.

Pro lepší manipulaci se sestavenou lávkou měly oba návrhy pojezdová kolečka. Vrchní tyč u zábradlí může být kruhová pro lepší uchopení.

3.3 Zvedací mechanismus

Navržená závěsná lávka musí dosáhnout rychlosti zdvihu 7 m/min. Jako pohon se obvykle používá elektromotor. Elektromotory můžeme rozdělit podle požadované výstupní rychlosti na [3]:

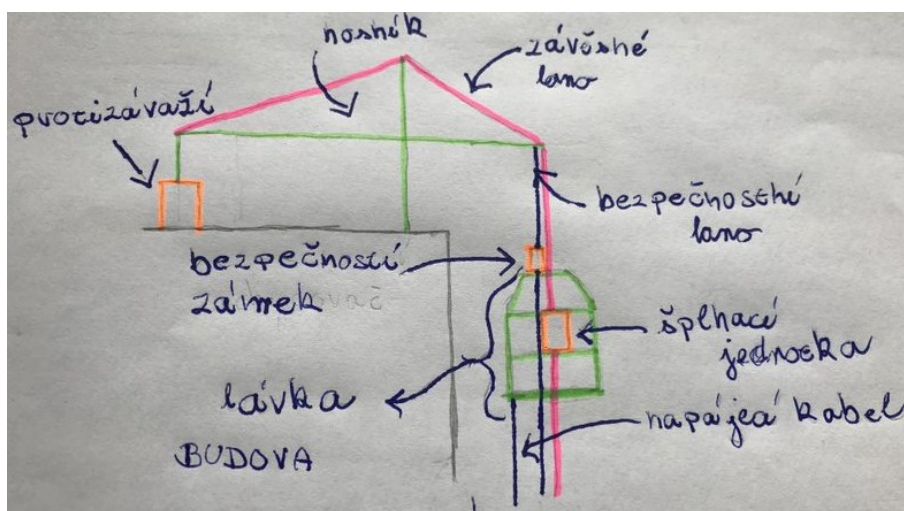
- Třífázový asynchronní s kotvou nakrátko nebo kroužkovou – do 30 m/min
- Třífázový asynchronní s kotvou nakrátko, dvourychlostní – od 30 m/min do 60 m/min
- Třífázový asynchronní s kotvou nakrátko, jedno nebo dvourychlostní – od 60 m/min do 150 m/min
- Pomaloběžný stejnosměrný motor s cizím buzením – přes 150 m/min

Pro zvedací mechanismus jsem se rozhodovala mezi třemi návrhy. Ve všech třech návrzích jsem uvažovala s lávkou zavěšenou na závěsném laně a jištěnou bezpečnostním lanem, kde oba lana byly uchyceny na nosníku. Bezpečnostní lano vždy procházelo bezpečnostním zámkem umístěným na zábradlí lávky. Lávka byla v každém návrhu vyvážená protizávažím na teleskopickém nosníku.

V prvním návrhu se lávka pohybovala díky šplhací jednotce (pohonu) po závěsném laně šplháním. Pohony byly napájeny pomocí kabelu zapojeného ve zdroji umístěném na zemi (například v přízemí budovy). Závěsné lano tedy zůstávalo stejně jako bezpečnostní lano a napájecí kabel volně viset za lávkou. Takto je řešený mechanismus většiny závěsných lávek.

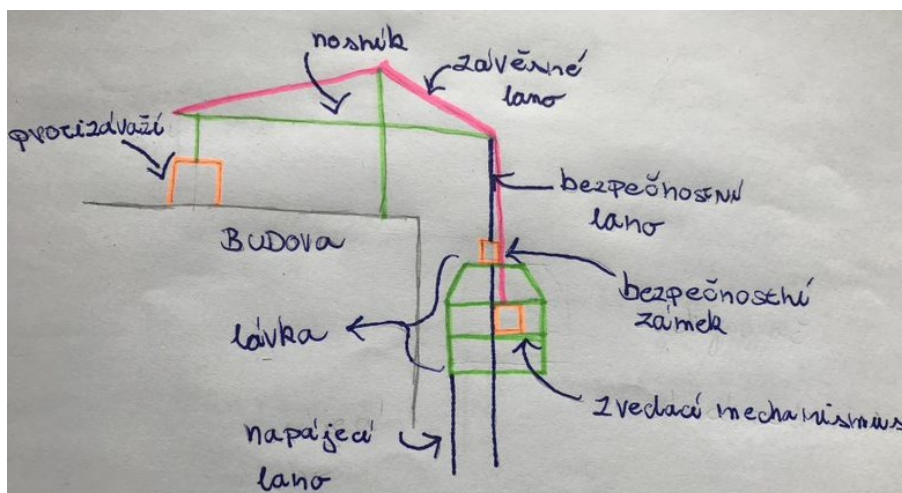
Výhody: možnost zvolení mezi mnoha typy šplhacích jednotek o různých výkonech pro různé nosnosti, jednoduché zapojení jednotky (nutná pouze montáž na konstrukci a zapojení do rozváděče ke zdroji napětí).

Nevýhody: volně visící lana se mohou proplést, nutné zajistit jejich vodění.



Obrázek 24 — Náčrt prvního návrhu zvedání

Ve druhém návrhu se závěsné lano navíjelo na mechanismus, který byl umístěný přímo na zábradlí lávky. Volně viset zůstalo už jen bezpečnostní a napájecí lano.



Obrázek 25 — Náčrt druhého návrhu zvedání

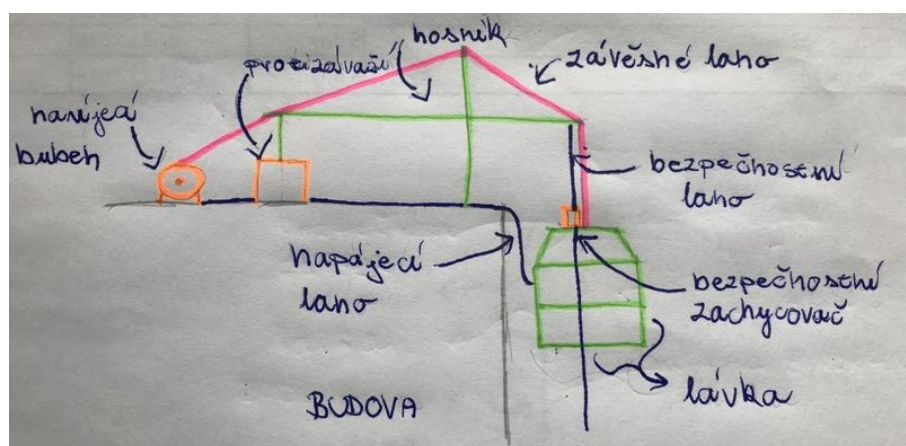
Výhody: pravděpodobnost propletení bezpečnostního lana a napájecího kabelu je menší než pravděpodobnost propletení bezpečnostního a závěsného lana v prvním řešení.

Nevýhody: nutnost navržení a sestavení zvedacího mechanismu, který by měl navíjecí bubnu.

Třetí návrh pracoval s motorem umístěným na střeše, který poháněl navíjecí bubnu.

Výhody: možnost použití pro trvale zavěšené lávky s vysokou nosností (výkonné motory).

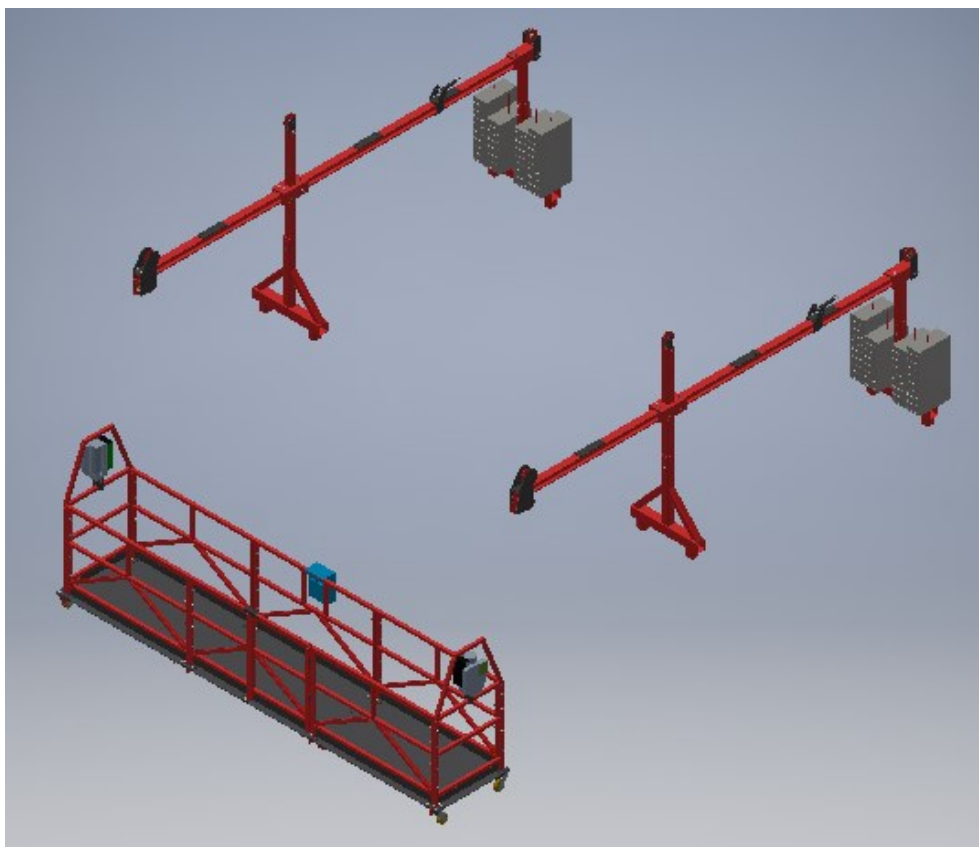
Nevýhody: dodatečné zatížení střechy, nároky pro ukotvení motoru a bubnu, neefektivita teleskopického nosníku, napájecí kabel ze střechy – nutné samostatné navíjení nebo riziko zvýšeného zamotávání, případně napájet pohon baterií.



Obrázek 26 — Náčrt třetího návrhu zvedání

4 Výsledné řešení

Předpokládám komplexnější využívání lávky, proto jsem ji navrhla pro dočasné zavěšení. Lávka i nosníky jsou rozebíratelné. Pro nosníky jsem zvolila teleskopickou ocelovou konstrukci s HEM profilem ramene. Nosníky se do budovy nekotví, umísťují se na rovné střeše. Podle zatížení lávky jde nastavit délka jejich nosného ramene přesunováním patek a počet kusů protizávaží (viz výpočet kapitola 5.2). Oproti návrhu je závěsné lano uchyceno stejně jako bezpečnostní lano na čele ramene a pro vyztužení nosníku je použito samostatné ocelové lano. Pro lávku jsem zvolila lehkou hliníkovou konstrukci s podlahou z ocelového plechu vyztuženou L profily se dveřmi na delší straně a pojezdovými kolečky. Pro zvedací mechanismus jsem zvolila šplhací jednotku e.lift 1000 T firmy Fixator (Příloha G). V následujících kapitolách jsou bližší popisy návrhu.



Obrázek 27 — Výsledný návrh závěsné lávky

4.1 Nosník

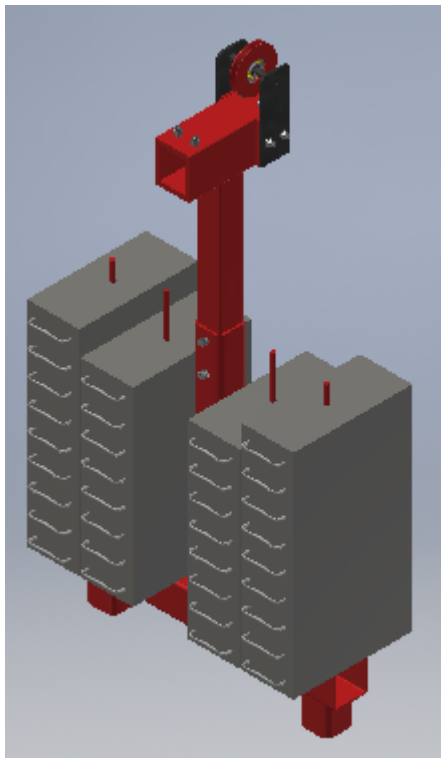
Pro nosníky jsem zvolila teleskopickou konstrukci z oceli S355J2H s pevnou výškou a s HEM profilem ramene (Příloha A). Nosník se skládá ze zadní patky (Obrázek 29), přední patky (Obrázek 34) a nosného ramene (Obrázek 39).



Obrázek 28 — Sestava nosníku

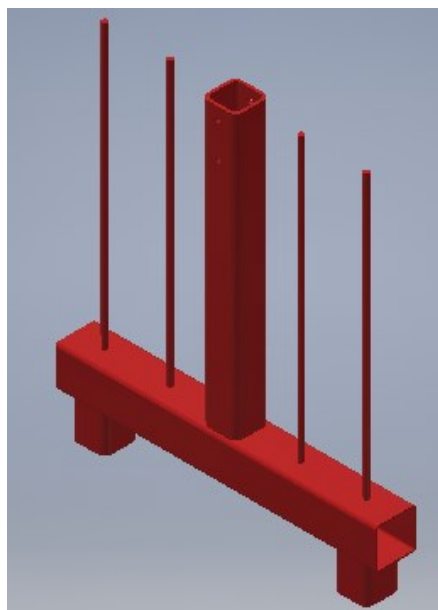
4.1.1 Zadní patka

Zadní patka se skládá ze spodní části (Obrázek 30), horní T části (Obrázek 32), zadního napínáku výztužného lana (Obrázek 33) a protizávaží (Obrázek 31).



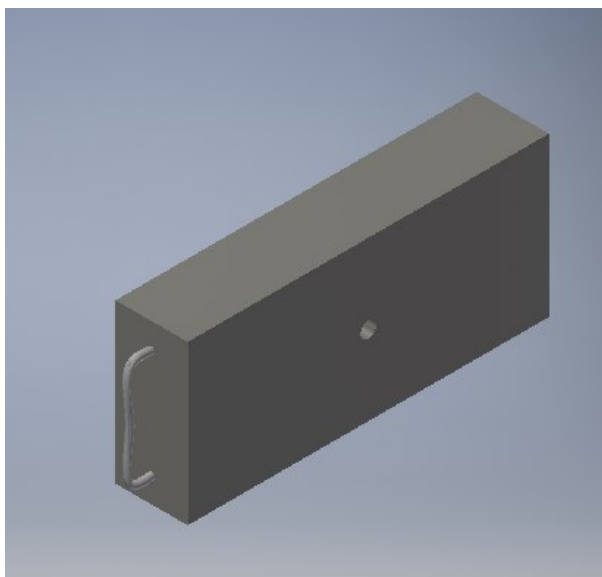
Obrázek 29 — Sestava zadní patky nosníku

Spodní část zadní patky je ocelový svařenec z čtvercových dutých profilů 140 x 6 mm, 120 x 10 mm a kruhových profilů o průměru 20 mm (Příloha D). Volila jsem tlustostěnné profily, kvůli velkým zatížením.



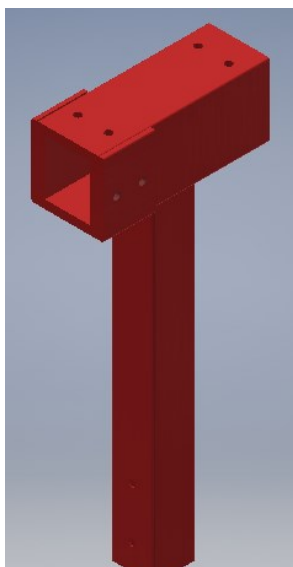
Obrázek 30 — Zadní patka – spodní část

Na kruhové profily zadní patky se umísťuje obdélníkové protizávaží ocelový odlitek vážící 86 kg, který je těžší než betonový kus. Z boku protizávaží jsou madla pro uchycení.



Obrázek 31 — Protizávaží

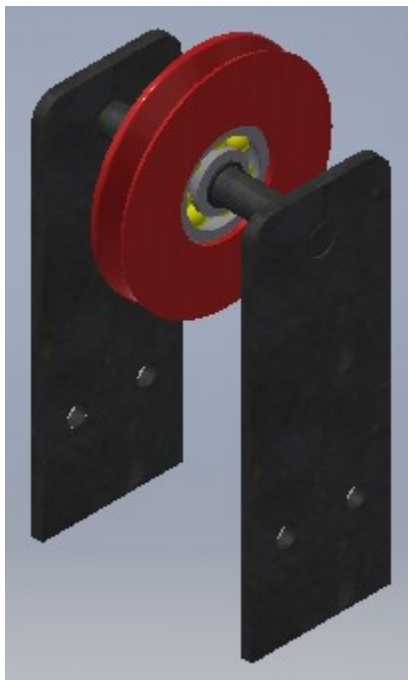
Do spodní části patky se vsunuje horní T část, kterou tvoří svařované čtyřhranné duté profily. Svislou část tvoří normalizovaný profil 100 x 3 mm, zatímco horizontální část tvoří odlitek. Horní T část se ve spodní části zajistí dvěma šrouby M16 s podložkami, které jsou jištěné pružnými podložkami a maticemi. Do horní části se vsunuje nosné rameno. Jeho polohu zachycují čtyři závrtné šrouby M16. Na bocích horizontální části jsou díry pro závrtné šrouby M16, které uchycují zadní napínák napínacího (výztužného) lana nosníku.



Obrázek 32 — Horní T část zadní patky

Zadní napínák tvoří vodící kladka s jednořadým kuličkovým ložiskem firmy SKF (Příloha I) jištěným O kroužky. Vodící kladka je umístěna na ose, jenž tvoří svařenec

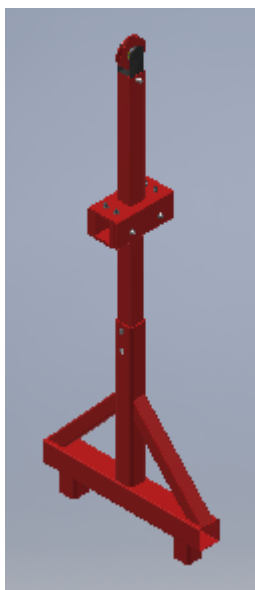
s bočními částmi. Tento svařenec je přišroubován k horní T části zadní patky. Kladkou prochází šestipramenné ocelové pozinkované lano průměru 8 mm (6x7 FC) [24], které vyztužuje nosník (viz kapitola 4.1.3.). V případě potřeby výměny ložiska bude nutné zhotovit nový svařenec.



Obrázek 33 — Zadní napínák

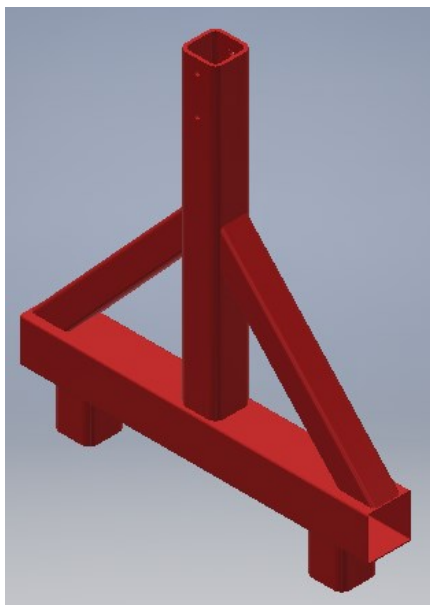
4.1.2 Přední patka

Přední patka se skládá ze spodní části (Obrázek 34), prostřední T části (Obrázek 36), horní T části (Obrázek 37) a prostředního napínáku (Obrázek 38).



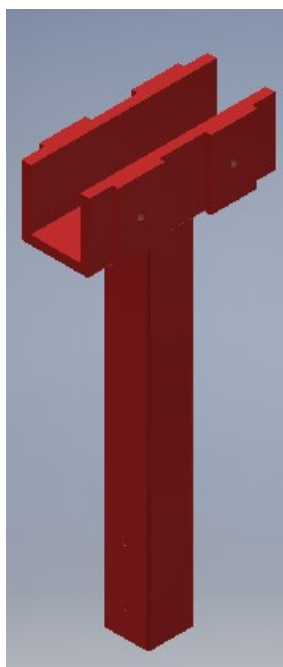
Obrázek 34 — Sestava přední patky nosníku

Spodní část přední patky je ocelový svařenec z čtvercových dutých profilů 140 x 6 mm, 120 x 10 mm a 90 x 6 mm (Příloha C), do které se vsunuje prostřední T část taktéž ocelový svařenec z čtyřhranných profilů.



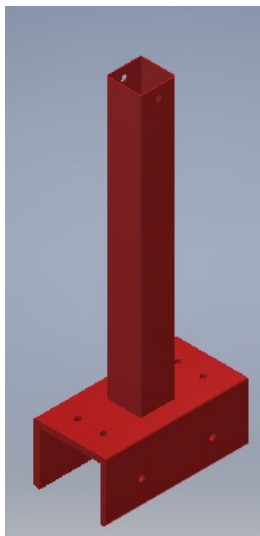
Obrázek 35 — Přední patka – spodní část

Svislá část prostřední T části je čtvercový dutý profil 100 x 3 mm, horizontální část je odlitek. Prostřední T část se ve spodní části přední patky zajistí šrouby M16 s podložkami, pružnými podložkami a maticemi.



Obrázek 36 — Prostřední T část přední patky

Na prostřední T část se pomocí bočních závrtných šroubů M16 upevní horní T část přední patky. Tu tvoří ocelový svařenec z čtyřhranných profilů, který pomocí závrtných šroubů M16 určuje polohu nosného ramene (viz kapitola 4.1.3). Vertikální část tvoří čtvercový dutý profil 100 x 3 mm a horizontální část je odlitek.



Obrázek 37 — Horní T část přední patky

Do horní T části přední patky se nasunuje prostřední část napínačku napínacího (výztužného) lana nosníku. Poloha se zajišťuje šroubem. Prostřední napínák se skládá z kladky, ložiska, O kroužků a bočních plechů stejně jako zadní napínák. V případě potřeby výměny ložiska se bude muset zhotovit nový svařenec.



Obrázek 38 — Prostřední napínák

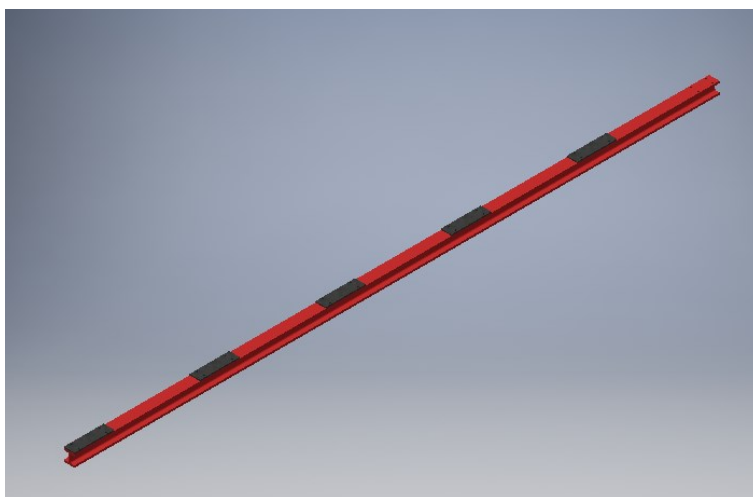
4.1.3 Nosné rameno

Nosné rameno se skládá z hlavního profilu (Obrázek 40), předního napínáku (Obrázek 41), a koncového napínáku (Obrázek 42).



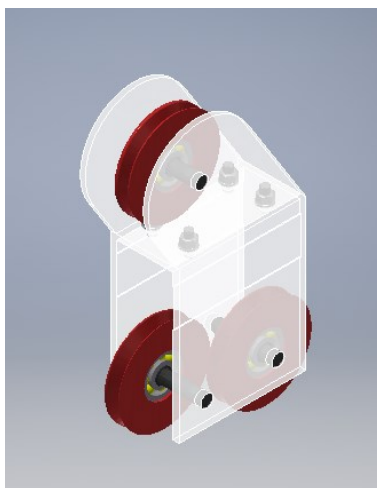
Obrázek 39 — Sestava nosného ramene

Nosné rameno se nasunuje do horní T části zadní patky a do prostřední T části přední patky. Na rameno nosníku jsou navařeny ocelové profily, které zvětšují jeho tloušťku a umožňují tak použití závrtných šroubů M16, pro zajištění polohy na patkách. Potřebnou délku ramene dle zatížení jde tedy nastavit posunutím přední nebo zadní patky (viz výpočet kapitola 5.2.).



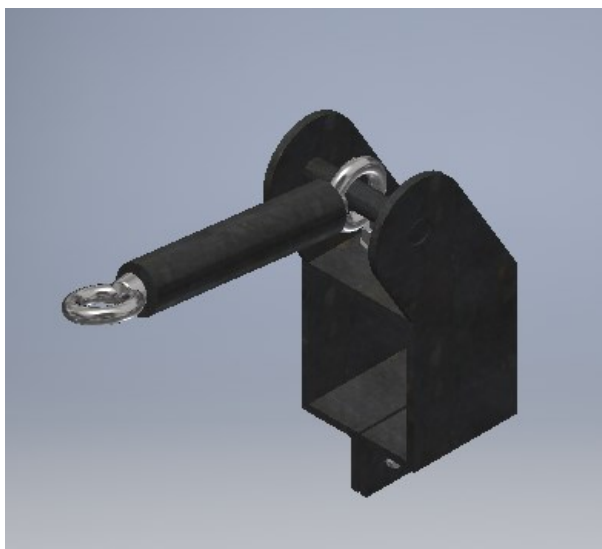
Obrázek 40 — Nosné rameno

V přední části nosníku se nachází přední napínací část, která slouží zároveň k uchycení závěsného a bezpečnostního lana (tyto lana jsou součástí šplhací jednotky, viz kapitola 4.2.3). Přední napínací část se skládá ze tří kladek a ložisek, os a bočních částí. Opět se jedná o svařenec. K nosnému ramenu se uchycuje pomocí závrtných šroubů M16.



Obrázek 41 — Přední napínák

V zadní části se pomocí závrtných šroubů umísťuje koncový napínák výztužného lana. Ten se skládá z objímky, osy a napínacího šroubu [25] (Obrázek 45).



Obrázek 42 — Koncový napínák

Napínacím lanem se na kladce předního napínáku zajisti pomocí lanových svorek vel. 8 [21] (Příloha J) smyčka (Obrázek 44), druhý konec se protáhne kladkou v horním a zadním napínáku a na oku napínacího šroubu vel. M20 (Obrázek 45, Příloha H) se ukončí smyčkou zajištěnou lanovými svorkami. Bezpečnostní a závěsné lano se na spodních vodících kladkách předního napínáku uchyť také pomocí smyčky jištěné lanovými svorkami. Bezpečnostní a závěsné lano se nezamotají. Zvolená šplhací jednotka zajišťuje jejich napínání a rozestup (bezpečnostní zámek je její součástí).



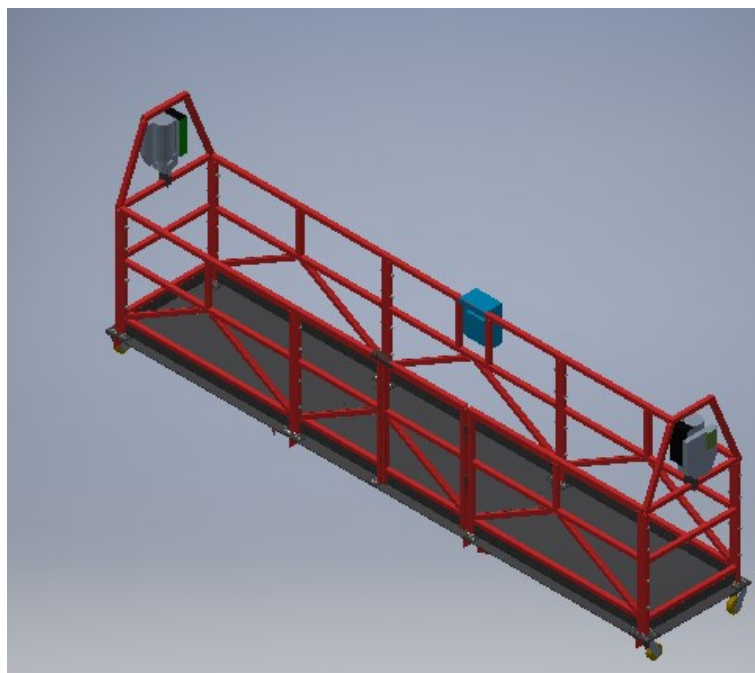
Obrázek 43 — Smyčka jištěná lanovými svorkami EN 13411-5 [21]



Obrázek 44 — Napínák O-O DIN 1480 [25]

4.2 Lávka

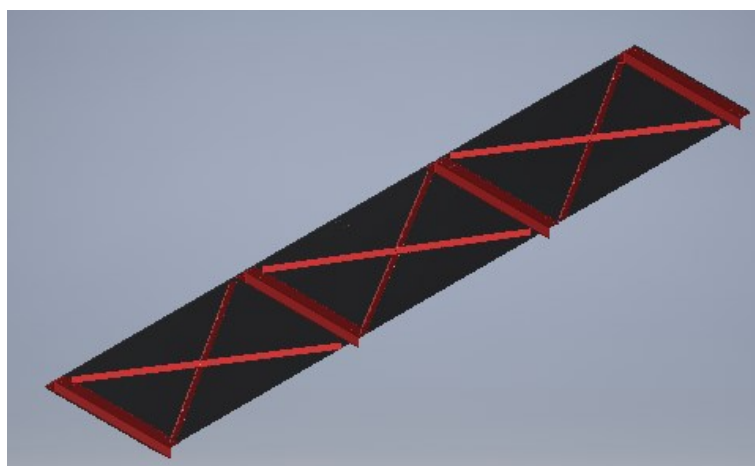
Maximální délkový rozměr jednotlivých částí lávky nepřekračuje 2 m, minimalizovala jsem tak náklady a nároky na její převoz (Příloha B).



Obrázek 45 — Výsledný návrh lávky

4.2.1 Podlaha lávky

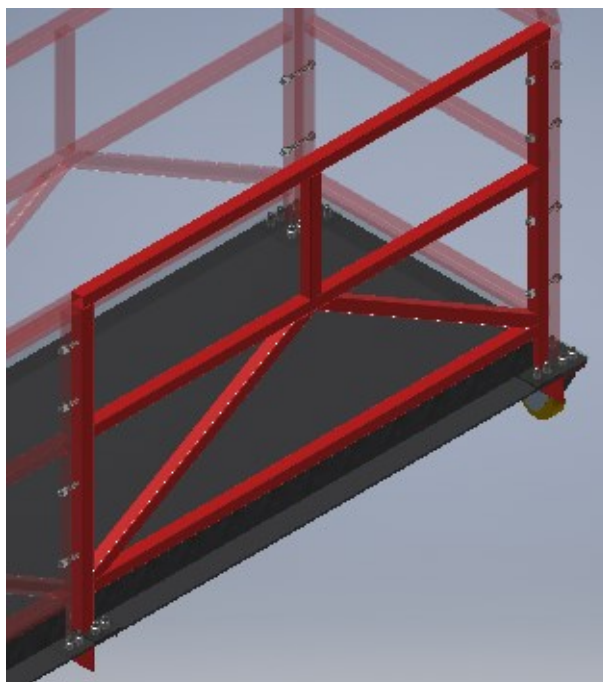
Podlaha lávky je tvořena slzovými ocelovými plechy tloušťky 10 mm podepřenými L profily pro zvýšení tuhosti. K podlaze jsou přišroubovaná 4 pojezdová kolečka pro lepší manipulaci se sestavenou lávkou.



Obrázek 46 — Podlaha

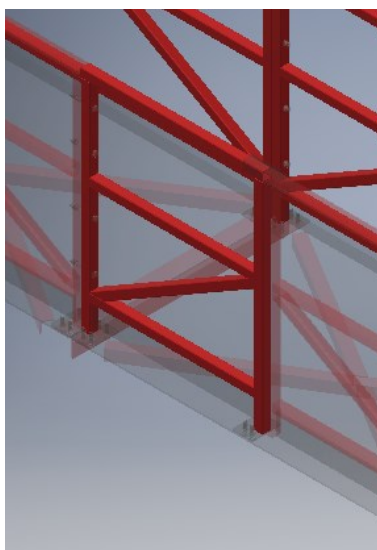
4.2.2 Zábradlí

Výška zábradlí pro hloubku volného prostoru větší než 30 m by měla být dle normy ČSN 74 3305 [8] minimálně 1200 mm. Konečná výška navrženého zábradlí činí 1250 mm. Rám zábradlí je tvořen pěti svařenci jřklových profilů o délce 2 m (Obrázek 48, Příloha F), jedním svařencem o délce 1 m (Obrázek 49), dvěřmi o délce 0,955 m (Obrázek 48) a dvěřma bočnířmi svařenci o délce 1,1 m (Obrázek 50).



Obrázek 47 — Dvoumetrový svařenec

Jednotlivé kusy jsou tvořeny čtvercovými jákly z hliníku a do rámu spojeny šroubovými spoji M16. K 16 svislým profilům jsou přivařeny ocelové patky, které pomocí šroubů spojují rám s podlahou. Rozměr pracovní plochy (vnitřní plochy) je 6 x 1 m. K spodním profilům zábradlí jsou přivařeny hliníkové okopové lišty, díky kterým z podlahy nemůže nic při zvedání (klesání) lávky spadnout a pracovníci jsou v případě podklouznutí chráněni. Na jedné delší straně lávky je z vnějšku (kvůli zachování pracovní plochy) umístěn rozváděč o vnějších rozměrech 400x300x150 mm. Rozváděč je připojený ke zdroji napětí a napájí obě šplhací jednotky.



Obrázek 48 — Metrový svařenec



Obrázek 49 — Boční svařenec

Dveře jsem navrhla jako otočné jednokřídlé (Příloha E). Původně jsem je umístila na kratší stranu lávky, kde by ale překážely zvedacímu mechanismu, proto se ve výsledném řešení nachází naproti rozváděči. Otvírají se směrem ven od lávky a proti samovolnému otevírání jsou jištěny zaklápěcím zámkem. Na lávce je zaklápěcí zámek uchycen pomocí čepu.



Obrázek 50 — Dveře

4.2.3 Pohon

Jako pohon jsem se rozhodla zvolit šplhací jednotku. Vybrala jsem šplhací jednotku e.lift 1000 T firmy Fixator (Příloha G) o výkonu 1,85 kW, s pracovním zatížením 1000 kg, s váhou 58 kg a s vnějšími rozměry 268 x 338 x 549 mm a jmenovitou rychlostí 9 m/min. Tato jednotka má vzhledem k svým zabudovaným bezpečnostním prvkům mnoho výhod.



Obrázek 51 — Šplhací jednotka e.lift 1000 T

Šplhací jednotka e.lift 1000 T nemá žádné výškové omezení a může pracovat v jakémkoliv provozu. Má omezovač zatížení (přetěžovací pojistku), která přesně zváží zvedaný náklad. Hodnotu maximální hmotnosti nákladu jde nastavit. V případě výpadku proudu umožňuje bezpečný sestup elektromagnetická brzda s ručním uvolněním. Dále disponuje teplotní sondou, která chrání motor před přehřátím, zařízením proti převrácení, koncovým spínačem a bezpečnostním zámek proti pádu. Součástí jednotky je ovládací elektrická skříňka s tlačítky a závěsné a bezpečnostní ocelové lano $\varnothing 10.3 - 5 \times 19$. Robustní, jednoduché pouzdro vyrobené z hliníku, zabraňuje korozi vnitřních dílů.

5 Konstrukční návrh

5.1 Zadané hodnoty

Jmenovitá nosnost RL (rated load) počítá s hmotností osob, s hmotnostní osobního vybavení a s hmotnostní materiálu na plošině [7]:

$$RL = 600 \text{ kg} \quad (5.1)$$

Výška zdvihu h udává vzdálenost, do které může být plošina vyzdvihnuta:

$$h = 50 \text{ m} \quad (5.2)$$

Rychlost zdvihu je průměrná rychlost pohybu lávky při jejím jmenovitém zatížení [7]:

$$v = 7 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} \quad (5.3)$$

Pracovní rozměr plošiny délka b:

$$b = 6 \text{ m} \quad (5.4)$$

Pracovní rozměr plošiny šířka a:

$$a = 1 \text{ m} \quad (5.5)$$

5.2 Materiál

Závěsná lávka by měla být lehká, pevná, odolná proti deformacím, povětrnostním vlivům, vlivům okolí. Nejčastějším materiálem používaným při konstrukci závěsné lávky je ocel a hliník (viz rešerše). Při navrhování jsem hlavně pracovala s konstrukční ocelí s dobrou svařitelností S355J2, se svařitelným hliníkem EN AW – 6060 a s ocelí pro odlitky 42 2670.

5.3 Zatěžující síly

Hmotnosti navrhnutých částí vycházejí z modelu závěsné lávky vytvořeného v Inventoru.

Hmotnost podlahy s vyztužením m_{pod} :

$$m_{pod} = 654,751 \text{ kg} \quad (5.6)$$

Hmotnost zábradlí m_{zab} :

$$m_{zab} = 171,783 \text{ kg} \quad (5.7)$$

Hmotnost celé lávky m_{lav} je součet hmotnostní podlahy m_{pod} , zábradlí m_{zab} a vybavení $m_{špl}$:

Kde 1,2 je hodnota znázorňující hmotnost spojovacích prvků (šroubové spoje, svary) a pojezdových koleček, $m_{špl}$ je hmotnost šplhací jednotky včetně závěsného a bezpečnostního lana (Příloha G).

$$m_{lav} = (m_{pod} + m_{zab} + 2 \cdot m_{špl}) \cdot 1,2 = (654,751 + 171,783 + 2 \cdot 58) \cdot 1,2 = 1131,04 \simeq 1150 \text{ kg} \quad (5.8)$$

Celkové závěsné zatížení TLS (total suspended load) je statická síla skládající se z jmenovitého zatížení plošiny RL a vlastní hmotnosti plošiny včetně pomocného vybavení a lan m_{lav} [7]:

Kde g je gravitační zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

$$TLS = (m_{lav} + RL) \cdot g = (1150 + 600) \cdot 9,81 = 17167,5 \simeq 17,2 \text{ kN} \quad (5.9)$$

5.4 Kontrola profilu zábradlí

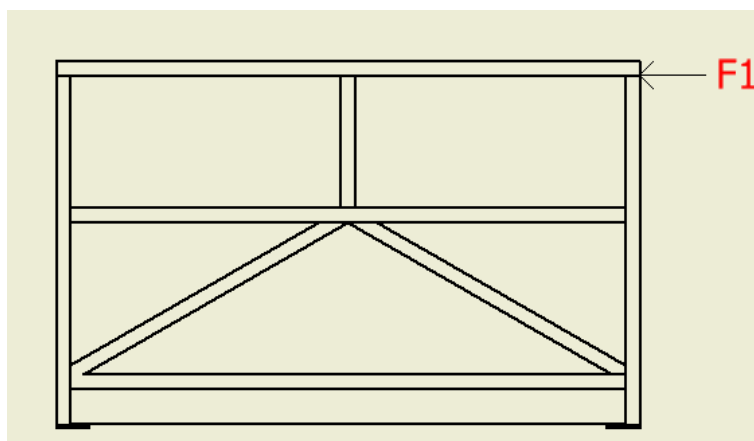
Síla od osoby působící na ochranné zábradlí F_1 je minimální síla, kterou osoba působí na ochranné zábradlí [7]:

$$F_1 = 200 \text{ N} \quad (5.10)$$

Svislé zatížení zábradlí F_2 je zatížení, kterému musí zábradlí odolat bez trvalé deformace [7]:

$$F_2 = 1000 \text{ N} \quad (5.11)$$

Kontrola svislého profilu zábradlí na ohybové napětí. Profil: EN 573-3-50 x 50 x 3 - 1200 AW 6060, $R_e = 195 \text{ MPa}$ [20]. Aby profil vyhověl musí být ohybové napětí menší nebo rovno dovolenému ohybovému napětí.



Obrázek 52 — Síla F_1 od osoby působící na svislý profil zábradlí

Modul průřezu profilu v ohybu W_{oz} [1]:

Kde B a H_1 jsou vnější rozměry dutého profilu, b_1 a h_1 jsou vnitřní rozměry dutého profilu.

$$W_{oz} = \frac{B \cdot H_1^3 - b_1 \cdot h_1^3}{6 \cdot H_1} = \frac{50 \cdot 50^3 - 44 \cdot 44^3}{6 \cdot 50} = 8\,339,7 \text{ mm}^3 \quad (5.12)$$

Ohybové napětí [1] od osoby σ_{o1} je napětí, které vyvolává osoba působící na zábradlí silou F_1 :

Kde L_{z1} je délka svislého profilu zábradlí.

$$\sigma_{o1} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_1 \cdot L_{z1}}{2 \cdot W_{oz}} = \frac{200 \cdot 1200}{2 \cdot 8339,7} = 14,39 \text{ MPa} \quad (5.13)$$

Dovolené ohybové napětí σ_{odov} :

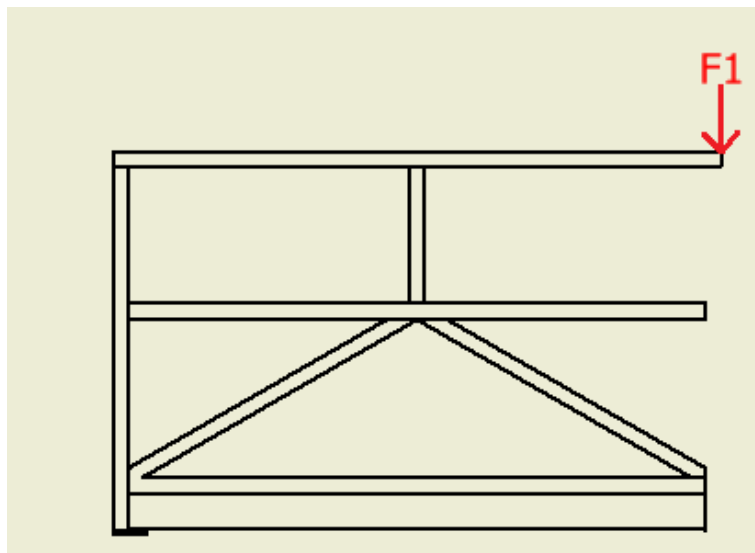
Kde R_e je mez kluzu materiálu a k_s je statická bezpečnost.

$$\sigma_{odov} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{195}{1,5} = 130 \text{ MPa} \quad (5.14)$$

$$14,39 \leq 130$$

Profil vyhovuje

Kontrola horizontálního profilu zábradlí na ohybové napětí. Profil: EN 573-3-50 x 50 x 3 - 2000 AW 6060, $R_e = 195 \text{ MPa}$ [20].



Obrázek 53 — Síla F_1 od osoby působící na horizontální profil zábradlí

Ohybové napětí od osoby σ_{o2} :

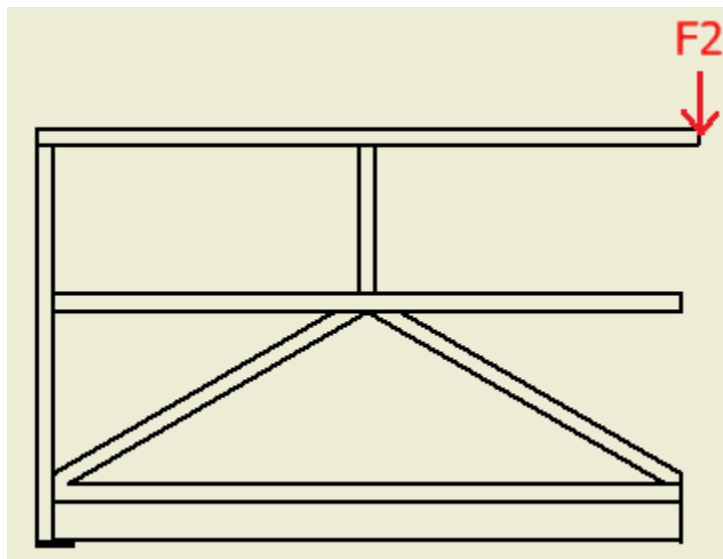
Kde L_{z2} je délka horizontálního profilu zábradlí.

$$\sigma_{o2} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_1 \cdot L_{z2}}{2 \cdot W_o} = \frac{200 \cdot 2000}{2 \cdot 8339,7} = 23,98 \text{ MPa} \quad (5.15)$$
$$23,98 \leq 130$$

Profil vyhovuje

Maximální povolené ohybové napětí $\sigma_{o\max}$ je maximální napětí vyvolané svislou silou F_2 na zábradlí:

$$\sigma_{o\max} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_2 \cdot L_{z2}}{2 \cdot W_o} = \frac{1000 \cdot 2000}{2 \cdot 8339,7} = 119,9 \text{ MPa} \quad (5.16)$$



Obrázek 54 — Síla F_2 působící na horizontální profil zábradlí

5.5 Spojování

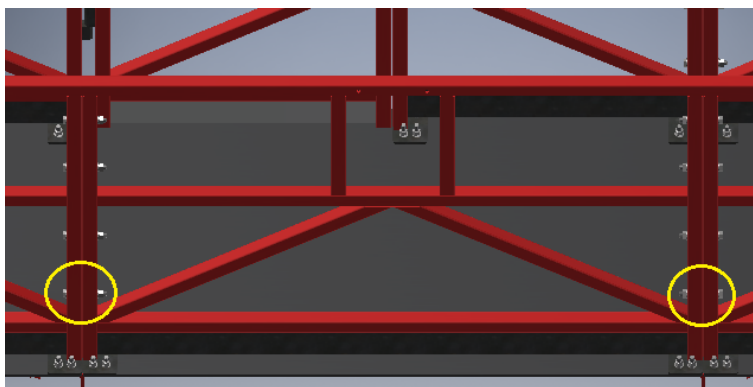
Závěsná lávka je konstruována jako rozebíratelná s dočasným zavěšením. Proto jsem volila svarová a rozebíratelná šroubová spojení s ohledem na rychlou a jednoduchou montáž a demontáž.

5.5.1 Kontrola šroubových spojů

Šroubový spoj jsem navrhla pro spojení zábradlí s podlahou, spojení svařovaných částí zábradlí, ustavení polohy nosného ramene a uchycení napínáků. Jedná se buď to o průchozí šroubový spoj nebo o závrtný šroubový spoj s maticí. Průměry děr pro průchozí šroubové spoje jsem volila podle ČSN EN 20273 [1] pro jemnou řadu pro co největší přesnost montáže. Rozměry děr pro závrtné šrouby jsem volila podle ČSN 02 1051 [1].

Spojení svařenců zábradlí:

Svařované části zábradlí jsou spojeny pomocí šroubů ŠROUB M16 x 65 ISO 4014, 8.8. Kontroluji napětí v jádře šroubu.



Obrázek 55 — Spojení zábradlí pomocí šroubů

Osová síla od utažení matice [4]:

Kde k je bezpečnost proti prokluzu spojených částí (volí se $k \geq 1,3$), a f je součinitel smykového tření [4].

$$F_0 = \frac{k \cdot TLS}{f} = \frac{1,3 \cdot 17200}{0,2} = 111800 \text{ N} \quad (5.17)$$

Osová síla činí 111800 N.

Osová síla pro jeden šroub (zjednodušeně předpokládám rovnoměrně rozložené zatížení):

Kde i_2 je počet patek a hodnota 1,2 respektuje nerovnoměrné utažení matic.

$$F_{01} = 1,2 \cdot \frac{F_0}{i_2} = 1,2 \cdot \frac{111800}{28} = 4791,43 \text{ N} \quad (5.18)$$

Osová síla jednoho šroubu je 4791,43 N.

Namáhání šroubu v tahu [5]:

Kde d_3 je malý průměr použitého závitu šroubu M16 [1].

$$\sigma_t = \frac{F_{01}}{S} = \frac{F_{01}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{4791,43}{\frac{\pi \cdot 14,773^2}{4}} = 27,95 \text{ MPa} \quad (5.19)$$

Výsledné namáhání šroubu v tahu je 27,95 MPa.

Namáhání šroubu v krutu τ [5]:

Kde d_2 je střední průměr a P_z je závit [1], Ψ je úhel stoupání závitu, φ' je třecí úhel, f_z je součinitel tření na závitu [4].

$$\Psi = \arctg\left(\frac{P_z}{\pi \cdot d_2}\right) = \arctg\left(\frac{1}{\pi \cdot 15,35}\right) = 1,19^\circ \quad (5.20)$$

$$\varphi' = \arctg\left(\frac{f_z}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}\right) = \arctg\left(\frac{0,15}{\cos\left(\frac{30}{2}\right)}\right) = 8,83^\circ \quad (5.21)$$

$$8,83^\circ \geq 1,19^\circ$$

Je samosvorný

$$\tau = \frac{F_{01} \cdot \operatorname{tg}(\Psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{4791,43 \cdot \operatorname{tg}(1,19 + 8,83) \cdot \frac{15,35}{2}}{\frac{\pi \cdot 14,773^3}{16}} \quad (5.22)$$

$$= 151,63 \text{ MPa}$$

Výsledné namáhání šroubu v krutu je 151,63 MPa.

Guestova pevnostní hypotéza [4]:

Kde R_e je mez kluzu zvoleného šroubu M16.

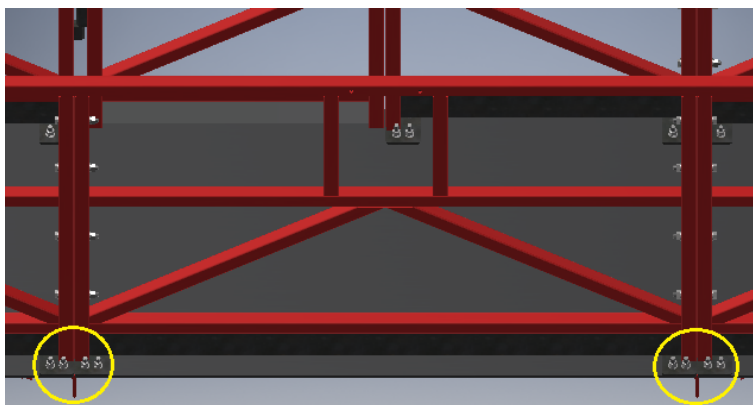
$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{red}} = \frac{R_e}{\sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau^2}} = \frac{640}{\sqrt{27,95^2 + 4 \cdot 151,63^2}} = 2,1 \quad (5.23)$$

$$k_s \geq 1,5$$

Zvolený šroub dle výsledné bezpečnosti 2,1 vyhovuje.

Spojení patky s podlahou

K zábradlí je přivařených 16 ks ocelových patek, které pomocí 64 ks šroubů ŠROUB M16 x 65 ISO 4014, 8.8 spojují zábradlí s podlahou.



Obrázek 56 — Spojení patek s podlahou

Pro zjednodušení výpočtu jsem předpokládala rovnoměrné rozložení zatížení na všechny šrouby.

Osová síla na jeden šroub F_{o2} :

Kde hodnota 1,2 značí nerovnoměrně utažené šrouby, i_1 je počet šroubů.

$$F_{o2} = 1,2 \cdot \frac{TLS}{i_1} = 1,2 \cdot \frac{17200}{64} = 375 \text{ N} \quad (5.24)$$

Malý průměr závitu [4]:

Kde hodnota β respektuje neznámý krut, a k_s je součinitel statické bezpečnosti, který volím 5.

$$d_3 \geq 2 \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot F_{o2} \cdot k_s}{\pi \cdot R_e}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 375 \cdot 5}{\pi \cdot 640}} = 3,86 \text{ mm} \quad (5.25)$$

Zvolená velikost metrického závitu šroubu M16 – jeho malý průměr [1]:

$$d_3 = 14,773 \text{ mm} \quad (5.26)$$

$$14,773 \geq 3,86$$

Splněno.

Vzhledem k výsledku předpokládám, že zvolený šroub pro spojení patky s podlahou bude vyhovovat pevnostní podmínce dle Guesta (viz výše spojení svařenců zábradlí).

5.5.2 Kontrola svarových spojů

Svarové spoje jsem použila u konstrukce zábradlí (profily, patky, okopové lišty), nosníku a podlahy. Všechny svary jsou koutové zhotovené ručním obloukovým svařováním obalenou elektrodou.

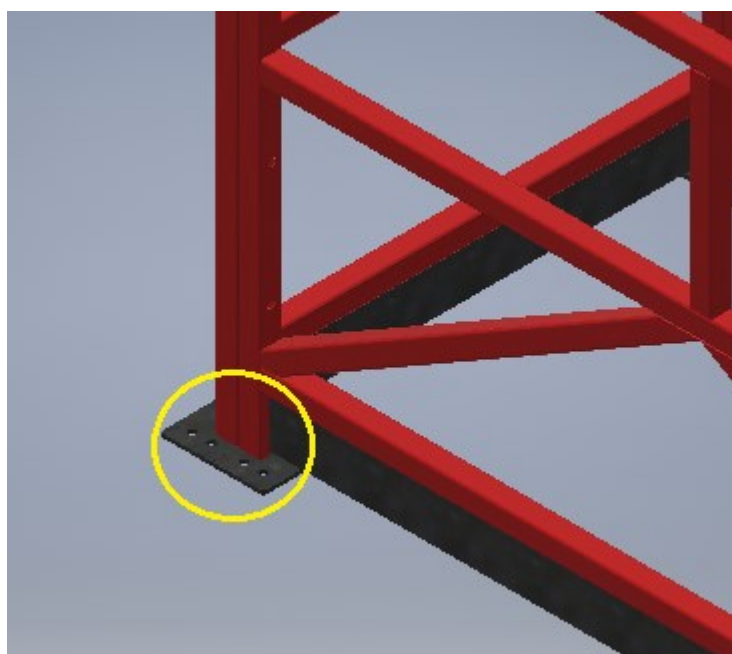
Velikost koutového svaru:

$$a_1 = 4 \text{ mm} \quad (5.27)$$

Statická bezpečnost svaru:

$$k_s = 1,7 \quad (5.28)$$

Svarové spojení patky k zábradlí 50x50



Obrázek 57 — Svarové spojení patky k zábradlí

Největší namáhání svaru předpokládám v tahu. Kontrola na tah [1]:

$$N = \frac{TLS}{i_2} = \frac{17200}{16} = 1075 \text{ N} \quad (5.29)$$

$$\tau_{\perp} = \frac{N}{2 \cdot a_1 \cdot l} = \frac{1075}{2 \cdot 4 \cdot 200} = 0,67 \text{ MPa} \quad (5.30)$$

Kde l je délka svaru.

Kde k_3 je převodní součinitel svarového spoje.

$$\tau_{\perp DSV} = k_3 \cdot \sigma_{Dt} = k_3 \cdot \frac{R_e}{k_s} = 0,75 \cdot \frac{235}{1,7} = 103,68 \text{ MPa} \quad (5.31)$$

$$0,67 \leq 103,68$$

Vyhovuje

5.6 Pohon

Rozhodla jsem se zvolit šplhací jednotku.

Potřebný výkon

Kde v je rychlost zdvihu plošiny v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$P = TLS \cdot v = 17200 \cdot 0,117 = 2012,4 \text{ W} \quad (5.32)$$

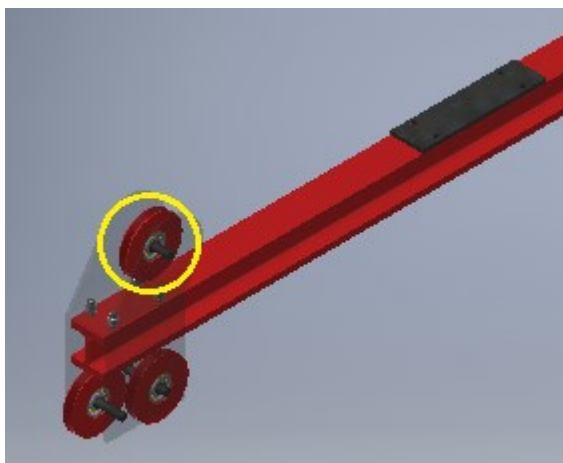
Za předpokladu rovnoměrného rozložení zatížení bude potřeba pro jednu jednotku poloviční výkon P , tedy 1 kW. Pro větší bezpečnost jsem zvolila šplhací jednotku o výkonu 1,85 kW (Příloha G).

5.7 Průměr kladek

Průměr kladky napínacího lana [7]:

Kde H je součinitel pro motorem poháněné zdvihací mechanismy [7] a d_1 je průměr napínacího lana.

$$D_1 \geq H \cdot d_1 = 20 \cdot 8 = 160 \text{ mm} \quad (5.33)$$

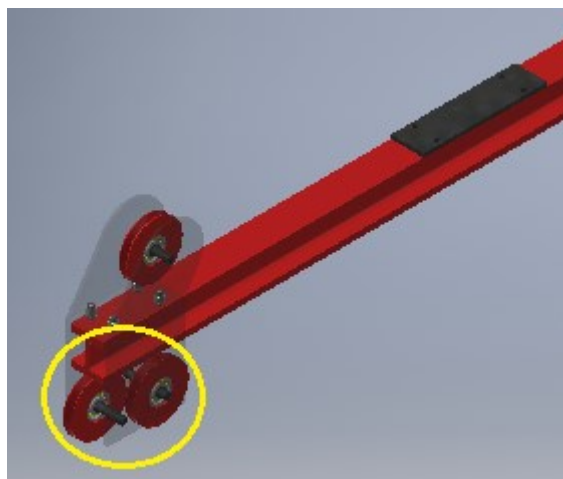


Obrázek 58 — Kladka napínacího lana

Průměr kladky závěsného a bezpečnostního lana [7]:

Kde d_2 je průměr závěsného a bezpečnostního lana.

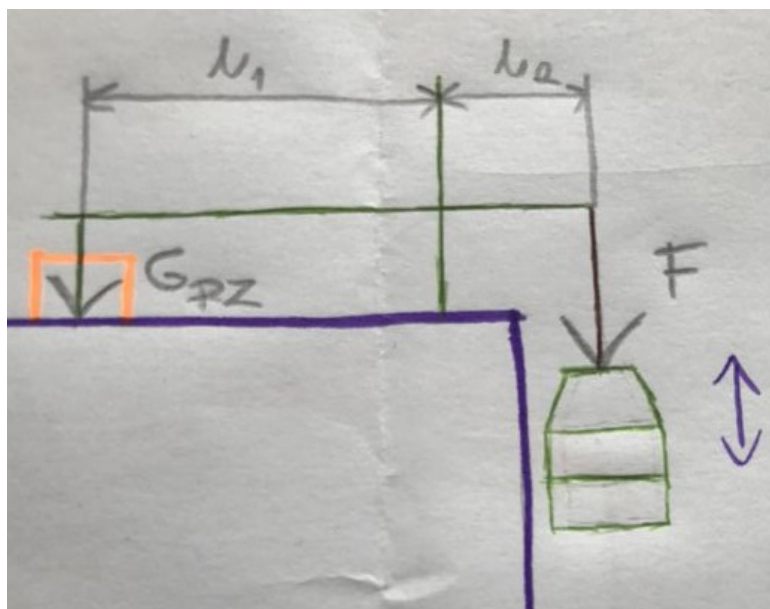
$$D_2 \geq H \cdot d_2 = 20 \cdot 10,3 = 160 \text{ mm} \quad (5.34)$$



Obrázek 59 — Kladky závěsného a bezpečnostního lana

5.8 Protizávaží

Výpočet potřebné hmotnosti protizávaží:



Obrázek 60 — Schéma délky nosníku

Součinitel bezpečnosti stability lávky [26]:

Kde G_{pz} je tíha protizávaží, l_2 je vnější délka ramene nosníku, l_1 je vnitřní délka ramene nosníku F je poloviční hodnota TLS.

$$K = \frac{(G_{pz} \cdot l_2)}{(F \cdot l_1)} = \frac{(G_{pz} \cdot 2500)}{(8600 \cdot 4000)} \geq 2 \quad (5.35)$$

$$G_{pz} = \frac{2 \cdot 8600 \cdot 4000}{2500} = 27520 \text{ N} \quad (5.36)$$

Hmotnost protizávaží m_{pz} :

$$m_{pz} = \frac{G_{pz}}{g} = \frac{27520}{9,81} = 2805,3 \text{ kg} \quad (5.37)$$

Váha jednoho kusu protizávaží činí dle modelu zhotoveného v Inventoru 86,2 kg, potřebuji tedy 33 ks.

6 Analýzy

Prováděla jsem statické analýzy. U všech analýz jsem nechala přednastavené hodnoty sítě – průměrná velikost prvků 0,1 a minimální velikost prvku 0,2.

6.1 Analýzy nosníku

Materiál nosníků je ocel S355J2 s mezi kluzu $R_e = 355 \text{ MPa}$.

Maximální dovolené napětí nosníku:

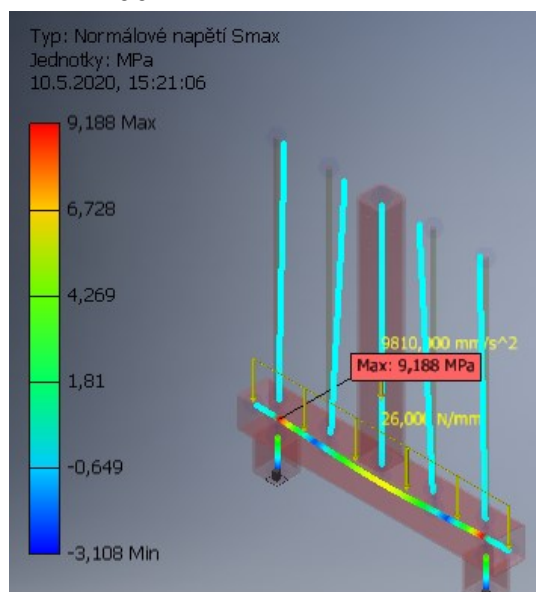
$$\sigma = \frac{R_e}{k_s} = \frac{355}{2} = 177,5 \text{ MPa} \quad (6.1)$$

6.1.1 Zadní patka – protizávaží

Cílem provedené analýzy rámových konstrukcí bylo zjistit maximální napětí na spodní části zadní patky vyvolané tíhou protizávaží. Jako okrajové podmínky jsem zadala spojitě zatížení q (tíha protizávaží rovnoměrně rozložená po délce nosného profilu), gravitační zatížení a dvě pevné vazby na sloupcích.

Spojitě zatížení od protizávaží q :

$$q = \frac{Q}{l} = \frac{m_{pz} \cdot g}{l} = \frac{2844,6 \cdot 9,81}{1100} = 26 \text{ N/mm} \quad (6.2)$$

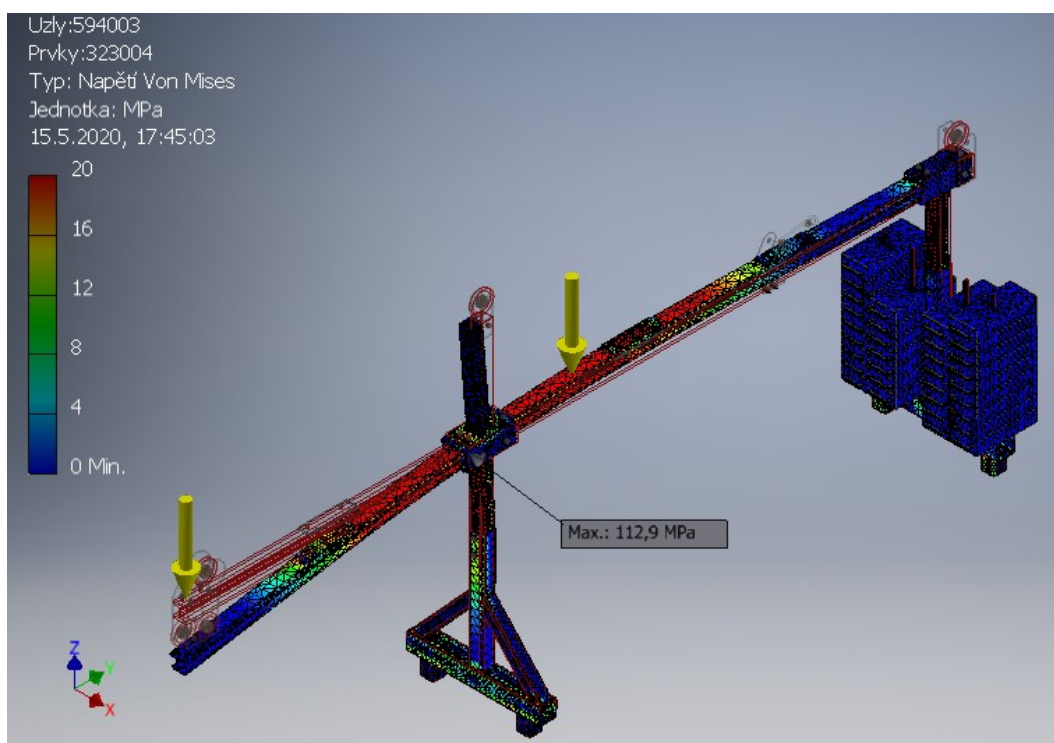


Obrázek 61 — Rámová analýza zadní patky – Normálové napětí

Provedenou analýzou rámových konstrukcí bylo zjištěno maximální normálové napětí 9,188 MPa.

6.1.2 Nosník

Cílem provedené statické pevnostní analýzy bylo zjistit hodnotu maximálního napětí vyvolaného zatížením $0,5 \cdot T_{LS} = 0,5 \cdot 17200 = 8600$ N působícím na čele nosného ramene (předpokládala jsem rovnoměrné rozložení zatížení na oba nosníky) a gravitačním zatížením. Výsledná síť sestavy nosníku se skládá z 594003 uzlů a 323004 prvků.

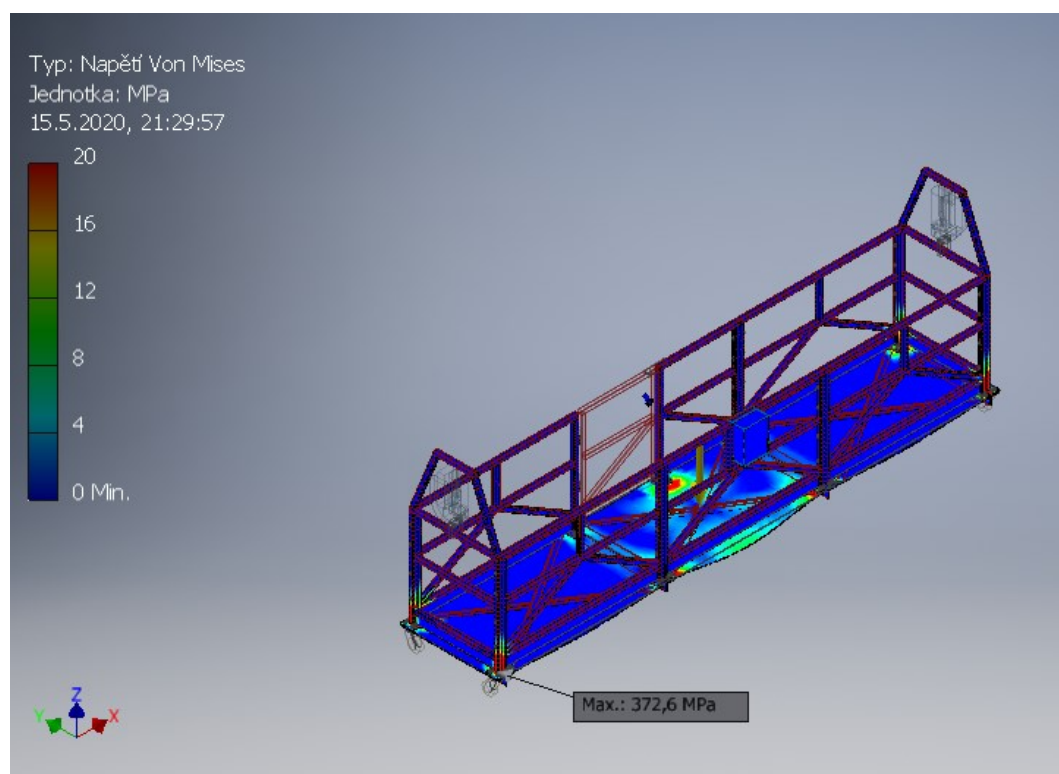


Obrázek 62 — MKP analýza nosníku – maximální napětí

Provedenou pevnostní statickou analýzou bylo zjištěno maximální napětí 112,9 MPa ve spojení nosného ramene s přední patkou (vyznačeno na obrázku výše).

6.2 Analýza Podlaha

Cílem provedené statické pevnostní analýzy podlahy bylo zjistit hodnotu maximálního napětí vyvolaného tíhou RL zatížení a gravitačním zatížením. Rozhodla jsem se zatížit podlahu v těžišti lávky. Výsledná síť sestavy lávky se skládá z 964303 uzlů a 487101 prvků.



Obrázek 63 — Analýza podlahy – maximální napětí

Provedenou pevnostní statickou analýzou bylo zjištěno maximální napětí 372,6 MPa na krajní patce. Hodnota napětí u ostatních patek nepřekračuje 20 MPa.

7 Závěr

V teoretické části jsem se věnovala popisu závěsné lávky, jejími částmi a typy vyskytujícími se na trhu. Dále jsem porovnávala závěsnou lávku s dalšími zařízeními pro výškové práce jako jsou lešení (mobilní, imobilní), pracovní plošiny a šplhací plošiny.

U konstrukčního návrhu jsem porovnávala různé varianty řešení a zvolila ten nejlepší návrh. Navrhla jsem závěsnou lávku pro údržbářské práce na fasádách budov s rovnými střechami. Lávka je rozebíratelná z hliníkových profilů a ocelové podlahy. Závěsnými lany se zavěšuje na dva teleskopické nosníky, které se vyvažují protizávažím. Proti pádu je jištěna bezpečnostními lany. Nosníky jsou ocelové, rozebíratelné a vyztužuje je ocelové lano. Nosné rameno tvoří mohutný HEM profil, výšková poloha nosníku je pevná. Pohyb lávky je realizován pomocí šplhacích jednotek s bezpečnostními prvky – jedné pro každé závěsné lano. Bezpečnostní zámek, kterým prochází bezpečnostní lano je součástí šplhací jednotky. Pro konstrukci jsem vybírala hlavně normalizované profily a spoje.

Vytvořila jsem 3D model návrhu v programu Inventor. Zpracovala jsem výkresovou dokumentaci sestavy lávky a nosníku svařence dveří, zábradlí a spodních částí nosníkových patek.

8 Citace

- [1] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. Šesté vydání. Úvaly: Albra - pedagogické nakladatelství, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.
- [2] STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02942-5
- [3] MARKOVÁ, Lidmila. *Technologické celky: výtahy a pohyblivé schody v budovách*. Praha: České vysoké učení technické, 1997. ISBN 80-01-01667-6.
- [4] KALÁB Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: části spojovací*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8
- [5] NĚMČEK, Miloš. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů: spoje*. Ostrava: Ediční středisko VŠB, 2008, 111 s. ISBN 978-80-248-1782-8
- [6] ELIÁŠOVÁ, Martina a Zdeněk SOKOL. *Ocelové konstrukce: příklady*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03143-8
- [7] ČSN EN 1808. *Bezpečnostní požadavky na závěsné plošiny - Konstrukční výpočty, kritéria stability, konstrukce - Prohlídky a zkoušky*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [8] ČSN 74 3305. *Ochranná zábradlí. Základní ustanovení*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [9] Závěsné lávky. *Stros* [online]. Sedlčany: InGenius, c2019 [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <https://www.stros.cz/produkty/zavesne-lavky>
- [10] Fixator pro dočasné zavěšení. *Čevas* [online]. Sviadnov: ČEVAS group, c2007-2020 [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <https://www.cevas-plosiny.cz/cz/zavesne-pracovni-lavky/fixator-docasne-zaveseni/>
- [11] Zavěšená pracovní plošina. *Success* [online]. Šanghaj: Hangheng, [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: <https://cs.sewbc.com/suspended-working-platform.html>
- [12] Rope suspended platform. In: *Masters* [online]. Kolkata, 2014 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <http://masterspmc.com/blog/safety-blog/126-rope-suspended-platform.html>
- [13] Temporary Personnel Lifting. *Fixator: Safety At The Very Top* [online]. St Barthélémy d'Anjou: Fixator, 2020 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://www.fixator.com/lifting/temporary-personnel-lifting/suspended-scaffolds/11-temporary-suspended-platforms.html>
- [14] Rigging. *Fixator: Safety At The Very Top* [online]. St Barthélémy d'Anjou: Fixator, 2020 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://www.fixator.com/lifting/temporary-personnel-lifting/l2-rigging.html>
- [15] Světová špička v oblasti zdvihadí techniky. *Stros* [online]. Sedlčany: InGenius, c2019 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://www.stros.cz/#home>
- [16] About Us. *Fixator: Safety At The Very Top* [online]. St Barthélémy d'Anjou: Fixator, 2020 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://www.fixator.com/about-us.html>
- [17] Závěsné lávky. *SVP Půjčovna* [online]. Praha, 2020 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://www.svp.cz/1-zavesne-lavky-sleva-40-z-ceny-najmu.html>
- [18] Pracovní plošiny. *Stros* [online]. Sedlčany: InGenius, c2019 [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: <https://www.stros.cz/produkty/pracovni-plosiny>

- [19] Šplhací plošiny FIXEO. Čevas [online]. Sviadnov: Čevas group, c2007-2020 [cit. 2019-11-28]. Dostupné z: <https://www.cevas-plosiny.cz/cz/pracovni-plosiny/splhaci-plosiny-fixeo/>
- [20] Tabulka slitin. *Strojmetal: aluminium forging* [online]. Kamenice: Strojmetal Aluminium Forging, c2020 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://www.strojmetal.cz/tabulka-slitin>
- [21] Lanová svorka EN 13411-5, pozinkovaná (dřívě DIN 1142). *Pavlínek: Vázací prostředky* [online]. Ostrava-Vítkovice: Pavlínek s.r.o. - profesionál přes zvedání a manipulaci s nákladem!, c2010-2020 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.pavlinek.cz/lanova-svorka-en-13411-5-pozinkovana-drive-din-1142/>
- [22] STROS. <http://www.stros.cz/cz/> [online]. [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <http://www.stros.cz/www.stros.cz/media/Images/CZ/Ke%20stazeni/zl CZ na hled.pdf>
- [23] Ocel. *Alfun: Metal Service Center* [online]. Bruntál: ALFUN, 2020 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <http://www.alfun.cz/ocel>
- [24] Ocelové lano, konstrukce 6x7-FC, pozinkované, pevnost drátů min. 1770 MPa. *Pavlínek: Vázací prostředky* [online]. Ostrava-Vítkovice: Pavlínek s.r.o. - profesionál přes zvedání a manipulaci s nákladem!, c2010-2020 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.pavlinek.cz/sestipramenne-ocelove-lano-konstrukce-6x7-fc-pozinkovane/>
- [25] Napínák O-O (oko-oko), DIN 1480, pozinkovaný. *Pavlínek: Vázací prostředky* [online]. Ostrava-Vítkovice: Pavlínek s.r.o. - profesionál přes zvedání a manipulaci s nákladem!, c2010-2020 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.pavlinek.cz/napinak-o-o-oko-oko-din-1480-pozinkovany-2/>
- [26] ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СЕРВИС ФАСАДНЫХ ПОДЪЕМНИКОВ ZLP630. *ТЕХНОРЕНТ* [online]. Екатеринбург: ТЕХНОРЕНТ, 2020 [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://tehno rent.info/service>
- [27] FIXATOR strengthens its expertise in the field of wind turbines. *Fixator: Safety At The Very Top* [online]. St Barthélémy d'Anjou: Fixator, 2020 [cit. 2020-02-03]. Dostupné z: <https://www.fixator.com/projects/eolien/r23-fixator-strengthens-its-expertise-in-the-field-of-wind-turbines.html>
- [28] Fixator pro větrné elektrárny, komíny, věže, výtahové šachty. Čevas [online]. Sviadnov: ČEVAS group, c207-2020 [cit. 2020-02-02]. Dostupné z: <https://www.cevas.cz/cz/nabidka/zavesne-pracovni-lavky/fixator-elektrarny/>
- [29] Závěsná lávka. *Stros* [online]. Sedlčany: InGenius, c2019 [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: <https://www.stros.cz/produkty/zavesne-lavky>
- [30] Anti-tilting safety lock for ZLP suspended platform. [online], [cit. 2020-03-01] Dostupné z: https://m.exportimes.com/products/Anti-tilting-safety-lock-for-ZLP_28873.htm
- [31] Suspension Beams. *Fixator: Safety At The Very Top* [online]. St Barthélémy d'Anjou: Fixator, 2020 [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.fixator.com/lifting/temporary-personnel-lifting/rigging/2-suspension-beams.html>
- [32] ZSP250 suspended platform: Suspended platform [online]. Xianxian County: 2020 [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <http://www.suspensionplatform.com/zlp250-suspended-platform-2/>

- [33] Závěsné lávky ZL2, ZL3. *Stros* [online]. Sedlčany: InGenius, c2019 [cit. 2019-12-06]. Dostupné z: <http://www.ozubenehrebny.cz/cs/index.php/zavsne-lavky.html>
- [34] Pojízdné hliníkové lešení. Alfix [online]. Praha. 2020 [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <http://www.leseni-alfix.cz/wp-content/uploads/2013/06/pojizdne-leseni-alufix-6003.html>
- [35] Závěsné pracovní lávky Fixator pro dočasné zavěšení. Čevas [online]. Sviadnov: ČEVAS group, c2007-2020 [cit. 2019-11-26]. Dostupné z: <https://www.cevas.cz/cz/nabidka/zavesne-pracovni-lavky/fixator/>
- [36] Prodej lešení. Lešení Alfix [online]. Praha: Copyright ALFIX, c2012 [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: <https://www.leseni-alfix.cz/prodej-leseni/>

Přílohy

Označení

Popis

Příloha A	Výkres sestavy nosníku KOH0094-01S
Příloha B	Výkres sestavy lávky KOH0094-02S
Příloha C	Výkres svařence spodní části přední patky KOH0094-01SV
Příloha D	Výkres svařence spodní části zadní patky KOH0094-02SV
Příloha E	Výkres svařence dveří KOH0094-03SV
Příloha F	Výkres svařence části rámu 2 m KOH0094-04SV
Příloha G	Katalogový list šplhací jednotky e-lift NEO
Příloha H	Katalogový list napínacího šroubu oko-oko DIN 1480
Příloha I	Katalogový list ložiska 6405 SKF
Příloha J	Katalogový list lanové svorky EN 13411-5